

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-329816

(43)Date of publication of application : 22.12.1997

(51)Int.Cl.

G02F 1/35

(21)Application number : 08-151133

(71)Applicant : VICTOR CO OF JAPAN LTD  
DAINICHISEIKA COLOR & CHEM MFG  
CO LTD

(22)Date of filing : 12.06.1996

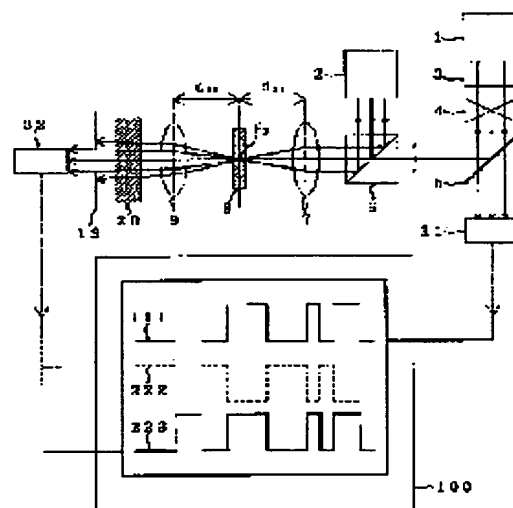
(72)Inventor : UENO ICHIRO  
TANAKA NORIO  
TAKARADA SHIGERU

## (54) OPTICAL CONTROL METHOD AND OPTICAL CONTROLLER

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To extract a light response of satisfactory magnitude and speed out of a light responsive optical element with good reproducibility.

**SOLUTION:** Control light is emitted from a light source 1, and signal light is emitted from a light source 2. The control light and the signal light are converged by a condensing lens 7, then, the optical element 8 is irradiated with the light. Only the signal light is detected by a photodetector 22 through a photoreceiving lens 9 and a wavelength selecting filter 20. The transmissivity of the signal light reversibly increases/decreases in accordance with the on/off of the control light, then, the intensity of the signal light is modified. By setting the numerical aperture of the photoreceiving lens 9 substantially smaller than that of the condensing lens 7, the light response of satisfactory magnitude and speed is pulled out of the light receptive optical element 8.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.12.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3504069

[Date of registration]

19.12.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

\* NOTICES \*

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the optical control approach of performing said signal luminous-intensity modulation and/or luminous-density modulation which penetrate said optical element by changing reversibly the permeability and/or refractive index of signal light in a wavelength band which irradiates control light at the optical element which consists of an optical responsibility constituent, and is different from control light So that said control light and said signal light are completed respectively, it may irradiate to said optical element and the fields where the photon density near [ each ] the focus of said control light and said signal light is the highest may overlap mutually in said optical element It is the optical control approach which has arranged the optical path of said control light and said signal light, respectively. Furthermore, the optical control approach characterized by classifying and taking out the signal light bundle of rays of the field which received strongly said intensity modulation and/or a luminous-density modulation among the signal light bundle of rayses to emit after penetrating or reflecting said optical element.

[Claim 2] The optical control approach characterized by making said control light and said signal light spread by the same optical path substantially in said optical element in the optical control approach according to claim 1.

[Claim 3] After setting to claim 1 and the optical control approach given in two and penetrating or reflecting said optical element, the signal light bundle of rays to emit is taken out in the include-angle range (angular aperture) smaller than the emission include angle of said signal light bundle of rays The optical control approach characterized by classifying and taking out the signal light bundle of rays of the field which received strongly said intensity modulation and/or a luminous-density modulation.

[Claim 4] Control light is irradiated at the optical element which consists of an optical responsibility constituent. Control light is an optical control unit used for the optical control approach of performing said signal luminous-intensity modulation and/or luminous-density modulation which penetrate said optical element by making the permeability and/or refractive index of signal light in a different wavelength band fluctuating reversibly. So that it may have the convergence means as which said control light and said signal light are completed respectively and the fields where the photon density near [ each ] the focus of said control light which it converged, and said signal light is the highest may overlap mutually The optical path of said control light and said signal light is arranged, respectively. And said optical element It is arranged in the location where the fields where the photon density near [ each ] the focus of said control light which it converged, and said signal light is the highest overlap mutually. Furthermore, the optical control unit characterized by having the means which classifies and takes out the signal light bundle of rays of the field which received strongly said intensity modulation and/or a luminous-density modulation among the signal light bundle of rayses to emit after penetrating or reflecting said optical element.

[Claim 5] The optical control unit characterized by using the convergence means of numerical aperture smaller than the numerical aperture of the convergence means used when completing said signal light to said optical element and carrying out incidence to it as a means which classifies and takes out the signal light bundle of rays of the field which received strongly said intensity modulation and/or a luminous-density modulation in an optical control unit according to claim 4.

[Claim 6] The optical control unit characterized by using a diaphragm as a means which classifies and takes out the signal light bundle of rays of the field which received strongly said intensity modulation and/or a luminous-density modulation in an optical control unit according to claim 4.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the optical control approach and the optical control unit using the optical element which consists of a useful optical responsibility constituent in the field of optoelectronics, such as optical communication and optical information processing, and photonics.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the field of the optoelectronics which paid its attention to the multiplicity of light, and high density nature for the purpose of ultra high-speed signal transduction and processing, and photonics, researches and developments of the light and the optical control approach which be going to modulate luminous intensity ( amplitude ) or a frequency ( wavelength ) be briskly further using change of the permeability and the refractive index which be cause in the optical element which processed and created the optical material or the optical constituent by irradiate light, without use an electronic circuitry technique. Moreover, when it is going to perform a juxtaposition optical logical operation and an image processing taking advantage of the description of light, as for an optical intensity-distribution change etc., the "space optical modulator" for performing a certain modulation is very important for the cross section of a light beam (bundle of rays), and application of light and the optical control approach is expected also here.

[0003] As a phenomenon in which the application to light and the optical control approach is expected, nonlinear optical effects, such as saturable absorption, nonlinear refraction, and a photorefractive effect, and a photochromic phenomenon attract attention widely.

[0004] On the other hand, the phenomenon of newly causing light absorption in the second different wavelength band from the first wavelength band is also known without being accompanied by change of the molecular structure, and the molecule excited with the light of the first wavelength band can call this "excitation state absorption", "induction absorption", or "transient absorption."

[0005] As an example which tried application of excitation state absorption, at least two kinds of beams of light with which wavelength differs to the solution or solid-state which included the porphyrin system compound and the electron acceptor in JP,53-137884,A are irradiated, for example, and the optical conversion approach that the information which the beam of light of one wavelength has by this exposure is moved to the wavelength of the beam of light of another side is indicated. moreover -- JP,55-100503,A and JP,55-108603,A -- the spectrum between the ground states and excitation states of organic compounds, such as a porphyrin derivative, -- the difference of a spectrum is used and the liquid core mold optical fiber of functionality which chooses propagation light corresponding to a time change of excitation light is indicated. Moreover, the plastic optical fiber which contains in a core organic compounds, such as a porphyrin derivative which has the absorption corresponding to the transition to the triplet state of a high order further from the triplet state excited by light, is indicated by JP,63-89805,A. Moreover, after irradiating the light of the first wavelength at JP,63-236013,A at the crystal of cyanine dye, such as KURIPUTO cyanine, and carrying out optical pumping of the molecule, the light of the second different wavelength from the first wavelength is irradiated at said molecule, and an optoelectronic device which switches transparency or reflection of the second of the light of wavelength according to the optical-pumping condition by the light of the first wavelength is indicated. Moreover, the light of the first and the second wavelength is irradiated at the light modulation medium which distributed photoinduced-electron-transfer matter, such as a porphyrin derivative, in the matrix material, and a lightwave signal modulation medium which carries out light modulation using the difference of the absorption spectrum between the excitation states and ground states of a molecule is indicated by JP,64-73326,A.

[0006] As a configuration of the optical equipment used with these conventional technique JP,55-100503,A, JP,55-108603,A, And an equipment configuration which twists around the perimeter of the light source (for example, flash lamp) of excitation light the optical fiber which propagation light spreads is indicated by JP,63-89805,A. Rather, without making JP,53-137884,A and JP,64-73326,A converge the light which is equivalent to control light from a direction different from the optical path of signal light on the whole part which has spread the light equivalent to the signal light inside an optical responsibility optical element with the means of a projector lens etc. An equipment configuration which it is made to emit and is irradiated is indicated.

[0007] However, in the above conventional techniques, since the optical power of high density is needed very much in order to cause permeability change or refractive-index change (optical response) of magnitude which is sufficient for practical use, or the response to an optical exposure is slow, the present condition is that what results in practical use is not yet obtained.

[0008] These people canceled the technical problem which the above-mentioned conventional technique has, and applied for the patent (Japanese Patent Application No. 7-25618) about the optical control approach and an optical control unit which pull out the optical response of sufficient magnitude and a rate from the optical element of optical responsibility by the lowest possible optical power, and the patent (Japanese Patent Application No. 7-58413, 7-58414) about an optical responsibility ingredient.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention solves the above-mentioned technical problem, and aims at offering the optical control approach and the optical control unit for obtaining an optical response with sufficient repeatability in sufficient magnitude.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the optical control approach concerning invention of this application according to claim 1 In the optical control approach of performing said signal luminous-intensity modulation and/or luminous-density modulation which penetrate said optical element by changing reversibly the permeability and/or refractive index of signal light in a wavelength band which irradiates control light at the optical element which consists of an optical responsibility constituent, and is different from control light So that said control light and said signal light are completed respectively, it may irradiate to said optical element and the fields where the photon density near [ each ] the focus of said control light and said signal light is the highest may overlap mutually in said optical element It is the optical control approach which has arranged the optical path of said control light and said signal light, respectively. Furthermore, after penetrating or reflecting said optical element, it is characterized by classifying and taking out the signal light bundle of rays of the field which received strongly said intensity modulation and/or a luminous-density modulation among the signal light bundle of rayses to emit.

[0011] Moreover, in order to attain the above-mentioned purpose, the optical control approach in connection with invention of this application according to claim 2 is characterized by making said control light and said signal light spread by the same optical path substantially in said optical element in the optical control approach of this application according to claim 1.

[0012] In order to attain the above-mentioned purpose, moreover, the optical control approach in connection with invention of this application according to claim 3 After setting to claim 1 of this application, and the optical control approach given in two and penetrating or reflecting said optical element, the signal light bundle of rays to emit by taking out in the include-angle range (angular aperture) smaller than the emission include angle of said signal light bundle of rays It is characterized by classifying and taking out the signal light bundle of rays of the field which received strongly said intensity modulation and/or a luminous-density modulation.

[0013] In this case, since especially the amount of [ of a signal light bundle of rays ] core tends to receive a modulation, in order to converge the signal light bundle of rays to emit, when using a light-receiving lens, it is usually suitable to make the medial axis of a light-receiving lens in agreement with the medial axis of a signal light bundle of rays.

[0014] In order to attain the above-mentioned purpose, moreover, the optical control unit in connection with invention of this application according to claim 4 Control light is irradiated at the optical element which consists of an optical responsibility constituent. Control light is an optical control unit used for the optical control approach of performing said signal luminous-intensity modulation and/or luminous-density modulation which penetrate said optical element by making the permeability and/or refractive index of signal light in a different wavelength band fluctuating reversibly. So that it may have the convergence

means as which said control light and said signal light are completed respectively and the fields where the photon density near [ each ] the focus of said control light which it converged, and said signal light is the highest may overlap mutually. The optical path of said control light and said signal light is arranged, respectively. And said optical element It is arranged in the location where the fields where the photon density near [ each ] the focus of said control light which it converged, and said signal light is the highest overlap mutually. Furthermore, after penetrating or reflecting said optical element, it is characterized by having the means which classifies and takes out the signal light bundle of rays of the field which received strongly said intensity modulation and/or a luminous-density modulation among the signal light bundle of rays to emit.

[0015] In order to attain the above-mentioned purpose, moreover, the optical control unit in connection with invention of this application according to claim 5 As a means which classifies and takes out the signal light bundle of rays of the field which received strongly said intensity modulation and/or a luminous-density modulation in the optical control unit of this application according to claim 4 It is characterized by using the convergence means of numerical aperture smaller than the numerical aperture of the convergence means used when completing said signal light to said optical element and carrying out incidence to it.

[0016] Moreover, in order to attain the above-mentioned purpose, the optical control unit in connection with invention of this application according to claim 6 is characterized by using a diaphragm in the optical control unit of this application according to claim 4 as a means which classifies and takes out the signal light bundle of rays of the field which received strongly said intensity modulation and/or a luminous-density modulation.

[0017] [Optical responsibility constituent] When the control light in this invention is irradiated here, well-known various things can be used as an optical responsibility constituent used for an optical element to which it carries out adjustable [ of the permeability and/or refractive index of signal light in a different wavelength band from control light ] reversibly.

[0018] If the example is given concretely, for example GaAs, GaAsP, GaAlAs, The single crystal of compound semiconductors, such as InP, InSb, InAs, PbTe, InGaAsP, and ZnSe, what distributed the particle of said compound semiconductor into the matrix material, and the metal halogenide (for example, a potassium bromide --) which doped dissimilar metal ion single crystals, such as a sodium chloride, and said metal halogenide (for example, a copper bromide --) What distributed particles, such as a copper chloride and a cobalt chloride, into the matrix material, CdS, CdSe, CdSeS which doped dissimilar metal ion, such as copper, What distributed the single crystal of cadmium chalcogenide, such as CdSeTe, and the particle of said cadmium chalcogenide into the matrix material, Semi-conductor single crystal thin films, such as silicon, germanium, a selenium, and a tellurium, A polycrystal thin film thru/or a porosity thin film, silicon, germanium, a selenium, The thing, platinum which distributed semi-conductor particles, such as a tellurium, into the matrix material, What distributed noble-metals particles, such as gold and palladium, into the matrix material, A ruby, alexandrite, a garnet, Nd:YAG, sapphire, Ti : The single crystal equivalent to the jewel which doped metal ions, such as sapphire and Nd:YLF, (the so-called laser crystal), The lithium niobate which doped the metal ion (for example, iron ion) (LiNbO<sub>3</sub>), LiB<sub>3</sub>O<sub>5</sub>, LiTaO<sub>3</sub>, KTiOPO<sub>4</sub>, and KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, the ferroelectric crystal of KNbO<sub>3</sub>, BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, etc., and a metal ion (for example, neodymium ion --) What dissolved or distributed coloring matter can be suitably used into a matrix material besides being the quartz glass which doped erbium ion etc., soda glass, glass of borosilicate glass and others, etc.

[0019] Since a matrix material and the selection range of coloring matter are wide and processing to an optical element is also easy the range, what dissolved or distributed coloring matter in the matrix material also in these can be especially used suitably by this invention.

[0020] As an example of the coloring matter which can be used by this invention, thoria reel methane system coloring matter, such as cyanine dye, such as - diethyl thia carbocyanine iodide, and azo dye, such as acridine dyes, such as xanthene dyes, such as Rhodamine B, rhodamine 6G, eosine and Phloxine B, an acridine orange, and acridine red, ethyl red, and Methyl Red,, porphyrin system coloring matter, phthalocyanine system coloring matter, 3, and 3 '3, 3'-diethyl OKISA dicarbocyanine iodide, ethyl violet, and Victoria blue R, etc. can be used suitably, for example.

[0021] In this invention, it is independent about these coloring matter, or two or more kinds can be mixed and used.

[0022] The matrix material which can be used by this invention can use the thing of arbitration, if satisfied with the wavelength field of the light used with the optical control system of (1) this invention of the conditions that the coloring matter or the various particles which are used by that permeability is high and (2) this inventions can be dissolved or distributed with sufficient stability, and that the gestalt as (3) optical

elements can be kept good [ stability ].

[0023] The low-melting-glass ingredient created as a matrix material of an inorganic system with the so-called sol gel process besides being the single crystal of a metal halogenide, the single crystal of a metallic oxide, the single crystal of metal chalcogenide, quartz glass, soda glass, borosilicate glass, etc., for example can be used.

[0024] Moreover, as a matrix material of an organic system, various organic polymeric materials can be used, for example.

[0025] An approach well-known for dissolving or distributing coloring matter into these MATORIKUSSU ingredients can be used. For example, after dissolving coloring matter and a matrix material into a common solvent and mixing, How to form a matrix material, since coloring matter is dissolved or distributed to the raw material solution of the inorganic system matrix material manufactured with the approach of evaporating a solvent and removing, and a sol gel process, Into the monomer of an organic macromolecule system matrix material, a solvent is used if needed. Since coloring matter is dissolved or distributed, this monomer A polymerization thru/or the approach of making carry out a polycondensation and forming a matrix material, After carrying out precipitate which both coloring matter and a thermoplastic organic macromolecule system matrix material trickled coloring matter and the solution which dissolved the organic macromolecule system matrix material into the common solvent into the insoluble solvent, and produced it a \*\* exception and drying, the approach of heating and melting processing it etc. can be used suitably. Although it is known that the special meeting object which is made to condense a coloring matter molecule and is called "H meeting object", "J meeting object", etc. with devising the combination and the processing approach of coloring matter and a matrix material can be made to form, the coloring matter molecule in a matrix material may be used on the conditions which form such a state of aggregation or a meeting condition.

[0026] Moreover, an approach well-known for distributing the aforementioned various particles into these MATORIKUSSU ingredients can be used. Said particle For example, the solution of a matrix material, Or the method of removing a solvent, after distributing in the solution of the precursor of a matrix material, Since said particle is distributed into the monomer of an organic macromolecule system matrix material if needed, this monomer using a solvent as a precursor of a polymerization thru/or the approach of making carry out a polycondensation and forming a matrix material, and a particle After dissolving or distributing metal salts, such as perchloric acid cadmium and a gold chloride, in an organic macromolecule system matrix material, it processes by hydrogen-sulfide gas. For example, the particle of a cadmium sulfide Or the approach and chemical vapor deposition which deposit a golden particle in a matrix material, respectively, the sputtering method, etc. can be suitably used by heat-treating.

[0027] In addition, in the range which does not cause trouble to the function, the optical responsibility constituent used by this invention may contain an anti-oxidant well-known as an accessory constituent, an ultraviolet ray absorbent, a singlet oxygen quencher, a distributed assistant, etc. in order to raise workability or to raise the stability and endurance as an optical element.

[0028] The gestalt of the optical element used by [optical element] this invention can be suitably chosen according to the configuration of the optical control device of this invention from the shape of the shape of the shape of the shape of the shape of a thin film, a thick film, tabular, the letter of a block, cylindrical, a semicircle column, and the square pole, and the triangle pole, and a convex lens, and a concave lens, and a micro-lens array, and a fiber, the shape of a micro channel array, an optical waveguide mold, etc. The creation approach of the optical element used by this invention is selected by arbitration according to the gestalt of an optical element, and the class of optical response constituent to be used, and a well-known approach can be used for it.

[0029] For example, what is necessary is to carry out coating of the solution which dissolved coloring matter and a matrix material for example, on a glass plate by coating methods, such as the applying method, the blade coat method, the roll coat method, a spin coat method, a dipping method, and a spray method, or just to print by print processes, such as the Taira version, letterpress, an intaglio, a mimeograph, a screen, and an imprint, when manufacturing a thin film-like optical element from coloring matter and a matrix material. In this case, the inorganic system matrix material creation approach by the sol gel process can also be used.

[0030] For example, when the organic macromolecule system matrix material to be used is thermoplasticity, even if it uses hot pressing (JP,4-99609,A) and the extending method, a thin film thru/or a thick-film-like membrane type optical element can be created.

[0031] When creating the optical element of the shape of the shape of the shape of the shape of the shape of tabular, the letter of a block, cylindrical, a semicircle column, and the square pole, and the triangle pole, and

a convex lens, and a concave lens, and a micro-lens array, coloring matter can be cast by the casting method or the reaction injection mold method using what was dissolved or distributed to the raw material monomer of an organic macromolecule system matrix material. Moreover, when using a thermoplastic organic macromolecule system matrix material, since heating melting of the pellet or powder which dissolved or distributed coloring matter is carried out, you may process it by the injection-molding method.

[0032] A fiber-like optical element For example, the approach of carrying out melting extension and fiber-izing the quartz glass which doped the metal ion, [ whether the thing which made the raw material monomer of an organic macromolecule system matrix material dissolve or distribute coloring matter is slushed into glass capillary tube tubing, and ] Or the approach of carrying out the polymerization of what was sucked up by capillarity, Or after extending the cylinder of the thermoplastic organic macromolecule system matrix material which dissolves or distributed coloring matter, and the so-called preforming heating and in the shape of yarn to temperature higher than glass transition temperature, it can create by the approach of cooling etc.

[0033] Since many optical elements of the shape of a fiber created as mentioned above are bundled and it pastes up thru/or processes [ welding ], the optical element of a micro channel array mold can also be created by slicing to a thin film integrated circuit thru/or tabular.

[0034] The optical element of a waveguide mold can be created by the approach of etching the approach of carrying out a polymerization, or the thin film-like optical element formed on the substrate, and forming a "core" pattern, after slushing the thing which made the raw material monomer of an organic macromolecule system matrix material dissolve or distribute coloring matter into the slot created for example, on the substrate, and subsequently forming a "clad" by the matrix material which does not contain coloring matter.

[0035] In the optical control approach and the optical control unit of this invention, control light and signal light are completed, respectively. The field where the photon density near [ each ] the focus of said control light and said signal light is the highest sets in an optical element. Mutually And overlap, It becomes possible to raise remarkably the interaction effectiveness of the photon of the excitation kinds in the optical responsibility constituent of said optical element (for example, a coloring matter molecule, a metal ion, etc.), said control light, and said signal light. Consequently, it becomes possible to pull out the optical response of sufficient magnitude and a rate from the optical element of optical responsibility by low optical power compared with the former.

[0036] After penetrating or reflecting said optical element in coincidence, it becomes possible to obtain intensity modulation and/or the signal light by which the luminous-density modulation was carried out with sufficient repeatability in sufficient magnitude by classifying and taking out the bundle of rays of the field which received strongly said intensity modulation and/or a luminous-density modulation among the bundle of rays of the signal light to emit.

[0037]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained based on a drawing.

[0038] [Operation gestalt 1] The outline configuration of the optical control unit of this operation gestalt is shown in drawing 1 . Such an optical equipment configuration and arrangement can be suitably used, also when using a fiber mold optical element (not shown) besides in the case of using the membrane type optical element 8 so that it may illustrate to drawing 1 , and using optical elements, such as an optical waveguide mold (not shown) and a micro channel array mold (not shown).

[0039] Here, the membrane type optical element 8 can be created in the following procedures. Namely, 3, 3'-diethyl OKISA dicarbocyanine iodide (a trivial name DODCI, exciton company make):23.0mg, and polymethacrylic-acid 2-hydroxypropyl of cyanine dye: After carrying out precipitate (coloring matter and mixture of a polymer) which deposited in addition the \*\* exception and washing by n-hexane, having dissolved 1977.0 mg in acetone:200ml, and stirring into n-hexane:300ml, it dried under reduced pressure and ground. Heating was continued for the mixed powder of the coloring matter and the polymer which were obtained for two days at 100 degrees C under the ultra-high vacuum of less than 10 - 5Pa, volatile components, such as a residual solvent, were removed completely, and the powder of an optical responsibility constituent was obtained. 20mg of this powder was inserted between slide glass (1.150mm in 25mmx76mmx thickness), and cover glass (0.150mm in 18mmx18mmx thickness), it heated at 150 degrees C under the vacuum, and the film (50 micrometers of thickness) of coloring matter/polymer was created between slide glass/cover glass using the approach (vacuum hot pressing) of sticking the glass plate of two sheets by pressure. In addition, the coloring matter concentration in coloring matter / polymer film is 2.5x10 to 2 mol/l., when the consistency of coloring matter / polymer mixture is calculated as 1.06.



[0040] The permeability spectrum of the membrane type optical element created as mentioned above is shown in drawing 2. The permeability of this film was 90.5% on the wavelength (694nm) of signal light 38.0% in the wavelength (633nm) of control light.

[0041] The optical control unit of this invention which illustrates an outline to drawing 1 consists of the light source 1 of control light, the light source 2 of signal light, ND filter 3, a shutter 4, the transfective mirror 5, the photomixing machine 6, a condenser lens 7, the membrane type optical element 8, the light-receiving lens 9, a wavelength selection transparency filter 20, photodetectors 11 and 22, and an oscilloscope 100. Among these optical elements thru/or an optic, the light source 1 of control light, the light source 2 of signal light, the photomixing machine 6, a condenser lens 7, the membrane type optical element 8, the light-receiving lens 9, and the wavelength selection transparency filter 20 are indispensable equipment configuration elements, in order to enforce the optical control approach of this invention by the equipment configuration of drawing 1. In addition, ND filter 3, a shutter 4, and the transfective mirror 5 are formed if needed, and although it is unnecessary in order for photodetectors 11 and 22 and an oscilloscope 100 to enforce [ and ] the optical control approach of this invention, they are used as an electronic instrument for checking actuation of optical control if needed.

[0042] Next, the description of each component and actuation are explained.

[0043] Laser equipment is suitably used for the light source 1 of control light. The oscillation wavelength and output are suitably chosen according to the wavelength of the target signal [ approach / of this invention / optical / control ] light, and the response characteristic of an optical responsibility constituent to be used. There is especially no limit about the method of laser oscillation, and the thing of the format of arbitration can be used according to an oscillation wavelength band, an output, economical efficiency, etc. Moreover, after carrying out wavelength conversion of the light of the laser light source by the nonlinear optical element, you may use it. Specifically, solid state laser, such as gas laser, such as an Ar ion laser (oscillation wavelength 457.9 thru/or 514.5nm) and a helium neon laser (633nm), ruby laser, and Nd:YAG laser, dye laser, semiconductor laser, etc. can be used suitably. Not only the coherent light from the laser light source but non-coherent light can also be used for the light source 2 of signal light. Moreover, by the light filter or the monochromator, continuous spectrum light from a tungsten filament lamp besides [ which gives the homogeneous light ] the light source, a metal halide lamp, the xenon discharge tubes, etc., such as laser equipment, light emitting diode, and the neon discharge tube, may be monochrome-ized, and may be used.

[0044] According to the purpose of use, suitable combination is selected as these combination, and the optical responsibility constituent used by the optical control approach of this invention, the wavelength band of signal light, and the wavelength band of control light are used. It is a helium neon laser as the light source 2 of following and signal light as the light source 1 of semiconductor laser (Gaussian beam with a diameter [ after the oscillation wavelength of 694nm, the continuous-oscillation output of 3mW, and beam plastic surgery ] of about 8mm), and control light. (Gaussian beam with an oscillation wavelength [ of 633nm ], and a beam diameter of 2mm) And an operation gestalt is explained about the case where the combination of the membrane type optical element 8 which consists of the aforementioned optical responsibility constituent is used.

[0045] Although ND filter 3 is not necessarily required, since the optical reinforcement of control light is fluctuated, in examining the optical response engine performance of the optical element used by this invention, in order to avoid that the laser light of power high beyond the need carries out incidence to the optic which constitutes equipment, or an optical element, it is useful. With this operation gestalt, some kinds of ND filters were exchanged and used for the latter purpose.

[0046] A shutter 4 is not an equipment configuration element indispensable when it is used in order to blink this in the shape of a pulse, and enforcing the optical control approach of this invention, when continuous wave laser is used as a control light. That is, the light source 1 of control light is the laser which carries out a pulse oscillation, and when it is the light source of the format which can control the pulse width and oscillation spacing, or when using the laser light by which pulse modulation was beforehand carried out with the suitable means as the light source 1, it is not necessary to form a shutter 4.

[0047] When using a shutter 4, the actuation rate of the shutter itself is taken into consideration, the thing of arbitration can be used as the format, for example, an optical chopper and mechanical shutter, a liquid crystal shutter, an optical Kerr effect shutter, a pockels cell, an acoustooptics (AO) modulator, etc. can be used, choosing them timely.

[0048] In this operation gestalt, in examining an operation of the optical control approach of this invention, the transfective mirror 5 can be used in order to always estimate the optical reinforcement of control light,



and optical split ratio can set it as arbitration.

[0049] Photodetectors 11 and 22 are used in order to detect electrically the situation of change of the optical reinforcement by the light and optical control of this invention and to verify it, and in order to examine the function of the optical element of this invention. The format of photodetectors 11 and 22 is arbitrary, it can be chosen timely, and it can use [ the speed of response of the detector itself can be taken into consideration ] it, for example, can use a photo-multiplier, a photodiode, a photo transistor, etc.

[0050] It can act to the others and the A-D converter which are an oscilloscope 100 etc. as the monitor of the light-receiving signal of said photodetectors 11 and 22 with the combination (not shown) of a computer.

[0051] In using in order to adjust the optical path of the control light which spreads the inside of said optical element and goes, and signal light, and carrying out the optical control approach and the optical control unit of this invention, the photomixing machine 6 is one of the important equipment configuration elements. Either a polarization beam splitter an unpolarized light beam splitter or a dichroic mirror can be used, and it can be set as arbitration also about optical split ratio.

[0052] A condenser lens 7 is for completing the signal light and control light which were adjusted as a convergence means common to signal light and control light so that an optical path might become the same, and irradiating to said optical element, and is one of the equipment configuration elements indispensable to operation of the optical control approach of this invention, and an optical control unit. About the specification of the focal distance of a condenser lens, numerical aperture, an F value, a lens configuration, a lens surface coat, etc., the thing of arbitration can be used suitably.

[0053] With this operation gestalt, the objective lens for microscopes of the scale factor of 40 times, the focal distance of 5mm, and numerical aperture 0.65 was used as a condenser lens 7.

[0054] The light-receiving lens 9 can obtain intensity modulation and/or the signal light by which the luminous-density modulation was carried out with sufficient repeatability in sufficient magnitude by converging, irradiating to an optical element 8, and using the lens of numerical aperture smaller than the numerical aperture of said condenser lens 7, as shown in this operation gestalt although it is a means for returning the signal light and control light which have been penetrated to parallel and/or a convergence beam. With this operation gestalt, the microscope lens of one 20 times the scale factor of this and numerical aperture 0.4 was used as a light-receiving lens 9. Namely, by making numerical aperture of the light-receiving lens 9 smaller than the numerical aperture of a condenser lens 7, it becomes possible to classify and take out the flux of light of the field which received intensity modulation and/or a luminous-density modulation strongly among the flux of lights of signal light, and the signal light which received the modulation in sufficient magnitude can be detected now with sufficient repeatability. Of course, even if lens numerical aperture is large, it cannot be overemphasized that diaphragm 19 may be put in, or incidence may be carried out to a photodetector by the core of the flux of light, and numerical aperture may be substantially made small. Moreover, it is also possible to use a concave mirror instead of a condenser lens and a light-receiving lens so that it may state later (operation gestalt 4 reference).

[0055] The wavelength selection transparency filter 20 is one of the indispensable equipment configuration elements, in order to enforce the optical control approach of this invention by the equipment configuration of drawing 1 , and it is used as one of the means for taking out only signal light from the signal light and control light which have spread the same optical path in said optical element.

[0056] As a means for separating the signal light and control light from which wavelength differs, prism, a diffraction grating, a dichroic mirror, etc. can be used for others.

[0057] As a wavelength selection transparency filter 20 used by the equipment configuration of drawing 1 , the light of the wavelength band of control light is intercepted completely, and on the other hand, if it is the wavelength selection transparency filter which can penetrate the light of the wavelength band of signal light efficiently, the thing of well-known arbitration can be used. For example, plastics and glass which were colored with coloring matter, the glass which prepared the dielectric multilayer vacuum evaporation film in the front face can be used.

[0058] In the optical equipment of drawing 1 which consists of the above components, by adjusting permeability, the light beam of the control light by which outgoing radiation was carried out from the light source 1 passes ND filter 3 for adjusting transmitted light reinforcement, passes the shutter 4 for subsequently to blinking control light in the shape of a pulse, and is divided by the transfective mirror 5.

[0059] A part of control light divided in the transfective mirror 5 is received by the photodetector 11. Here, if putting out lights and the light source 1 are turned on for the light source 2, the relation between the optical reinforcement in the light beam exposure location to an optical element 8 and the signal strength of a photodetector 11 is beforehand measured in the condition of having opened the shutter 4 wide and the

calibration curve is created, it will become possible to always estimate the optical reinforcement of the control light which carries out incidence to an optical element 8 from the signal strength of a photodetector 11. With this operation gestalt, the power of the control light which carries out incidence to the membrane type optical element 8 was adjusted in 0.5mW thru/or 25mW by ND filter 3.

[0060] The control light divided and reflected in the transfective mirror 5 passes along the photomixing machine 6 and a condenser lens 7, and it converges on an optical element 8 and it is irradiated. After the light beam of the control light which passed the membrane type optical element 8 passes the light-receiving lens 9, it is intercepted with the wavelength selection transparency filter 20.

[0061] It is mixed so that the light beam of the signal light by which outgoing radiation was carried out from the light source 2 may spread the same optical path as control light with said photomixing vessel 6, it goes via a condenser lens 7, the membrane type optical element 8 completes and irradiates, and after the light which passed the component passes the diaphragm 19 established if needed after penetrating the light-receiving lens 9 and the wavelength selection transparency filter 20, it is received with a photodetector 22.

[0062] It experimented in optical control using the optical equipment of drawing 1, and a change on the strength [ optical ] as shown in drawing 3 and drawing 4 was observed. In drawing 3 and drawing 4, 111 is the light-receiving signal of a photodetector 11, and 222 and 223 are the light-receiving signals of a photodetector 22. The difference in case 223 is obtained with the case where the light-receiving signal 222 of a photodetector 22 is acquired is as follows.

[0063] Although incidence of control light and the signal light is converged and carried out to the membrane type optical element 8 in equipment arrangement of drawing 1, if the location (focus Fc) where a convergence beam diameter serves as the minimum is set as the place (incidence side of light) near the condenser lens 7 of the membrane type optical element 8, the optical response 222 of the direction where said signal luminous intensity which penetrated said optical element decreases will be observed. On the other hand, if the location (focus Fc) where a convergence beam diameter serves as the minimum is set as the place (outgoing radiation side of light) near the light-receiving lens 9 of the membrane type optical element 8, the optical response 223 of the direction where the reinforcement to which only said signal light which penetrated said optical element is applied increases will be observed.

[0064] It has not solved about the detail of the device which such an optical response produces, and current and the thing which originates in permeability, a refractive index, etc. of the optical responsibility matter changing with the exposures of control light although it is under examination wholeheartedly are conjectured.

[0065] Although a change on the strength [ optical ] as experimented in optical control using the optical equipment of drawing 1 and shown in drawing 3 and drawing 4 was observed, the detail is as stating below.

[0066] First, the light beam of control light and the light beam of signal light are Focus Fc in the same field of the membrane type optical element 8 interior or near. The optical path from each light source, the photomixing machine 6, and the condenser lens 7 were adjusted so that it might connect. In addition, the optical element has been arranged to sense in which signal light and control light carry out incidence from the cover glass side of said membrane type optical element 8 and which carries out outgoing radiation from a slide glass substrate side. Subsequently, the function of the wavelength selection filter 20 was checked. That is, where the light source 2 is switched off, when the light source 1 was turned on and a shutter 4 was opened and closed, it checked that a response did not arise at all in a photodetector 22.

[0067] In addition, migration on the membrane type optical element 8 of the convergence beam diameter minimum location (focus Fc) was performed by moving the membrane type optical element 8. That is, with spacing (d78+d89) of a condenser lens 7 and the light-receiving lens 9 fixed, the distance of the membrane type optical element 8 and a condenser lens 7 was changed, and the physical relationship of the focal location of the control light which it converged by the same optical path, and signal light, and the membrane type optical element 8 was changed, and was performed.

[0068] It is said focus Fc first. The case where it installs in the condenser lens side of the membrane type optical element 8 is described. the wave of control light in this case -- the response waveform 222 of the signal light to 111 is shown in drawing 3.

[0069] Where a shutter 4 is closed, the light source 1 of control light is turned on, and subsequently it is time of day t1. When it set, the light source 2 was turned on and signal light was irradiated to the optical element 8, the signal strength of a photodetector 22 increased from level C to level A.

[0070] Time of day t2 It set and the shutter 4 was opened wide, and when control light was converged and irradiated to the same optical path as the signal light of the optical element 8 interior having spread, the signal strength of a photodetector 22 decreased from level A to level B. The response time of this change

was less than 2 microseconds.

[0071] Time of day t3 When it set, the shutter 4 was closed and the control light exposure to an optical element was stopped, the signal strength of a photodetector 22 returned to level A from level B. The response time of this change was less than 3 microseconds.

[0072] Time of day t4 It sets, a shutter 4 is opened wide and, subsequently it is time of day t5. When set and closed, the signal strength of a photodetector 22 decreased from level A to level B, and, subsequently returned to level A.

[0073] Time of day t6 When it set and the light source 2 was switched off, the output of a photodetector 22 declined and returned to level C.

[0074] Subsequently, said focus Fc The case where it installs in the light-receiving lens side of the membrane type optical element 8 is described. the wave of control light in this case -- the response waveform 223 of the signal light to 111 is shown in drawing 4 .

[0075] Where a shutter 4 is closed, the light source 1 of control light is turned on, and subsequently it is time of day t1. When it set, the light source 2 was turned on and signal light was irradiated to the optical element 8, the signal strength of a photodetector 22 increased from level C to level A.

[0076] Time of day t2 It set and the shutter 4 was opened wide, and when control light was converged and irradiated to the same optical path as the signal light of the optical element 8 interior having spread, the signal strength of a photodetector 22 increased from level A to level D. The response time of this change was less than 2 microseconds.

[0077] Time of day t3 When it set, the shutter 4 was closed and the control light exposure to an optical element was stopped, the signal strength of a photodetector 22 returned to level A from level D. The response time of this change was less than 3 microseconds.

[0078] Time of day t4 It sets, a shutter 4 is opened wide and, subsequently it is time of day t5. When set and closed, the signal strength of a photodetector 22 increased from level A to level D, and, subsequently returned to level A.

[0079] Time of day t6 When it set and the light source 2 was switched off, the output of a photodetector 22 declined and returned to level C.

[0080] When were collected above and time amount change of the optical reinforcement expressed with a wave as shows control light to 111 of drawing 3 or drawing 4 was given and irradiated to the membrane type optical element 8, the output wave of the photodetector 22 in which it acts as the monitor of the optical reinforcement of signal light, and it is shown changed reversibly corresponding to time amount change of the optical reinforcement of control light, as shown in 223 of 222 or drawing 4 of drawing 3 . That is, it was checked controlling transparency of signal light by increase and decrease or intermittence of control light of optical reinforcement (light and optical control), i.e., controlling light by light, or that light can be modulated with light (light and light modulation).

[0081] In addition, extent of change of the optical reinforcement of the signal light corresponding to intermittence of the light of control is value  $\Delta T$  [unit %] defined below using the output levels A, B, and C of the aforementioned photodetector 22, or value  $\Delta T'$  [unit %] defined below using A, C, and D.

[Equation 1]

$$\Delta T = 100 [(A-B)/(A-C)]$$

[Equation 2]

$$\Delta T' = 100 [(D-A)/(A-C)]$$

It can compare "Be alike" quantitatively. The output level of the photodetector 22 when the output level of the photodetector 22 at the time of turning on the light source 2 of signal light here after A had intercepted control light, and B and D irradiate signal light and control light at coincidence, and C are the output levels of the photodetector 22 in the condition of having switched off the light source 2 of signal light.

[0082] In the upper example, when incidence power of control light was set to 20mW, the membrane type optical element 8 was moved and the sense and magnitude of an optical response of signal light were investigated, the maximum of magnitude  $\Delta T'$  of a response of the sense which, as for the maximum of magnitude  $\Delta T$  of a response of the sense to which signal light reinforcement decreases, the signal light reinforcement of 80% and appearance increases was 40%.

[0083] By changing the physical relationship of the location (focus Fc) where a convergence beam diameter serves as the minimum as mentioned above, and the membrane type optical element 8, the sense of an optical response of signal light can be reversed and the response of the direction where the reinforcement to which only signal light is applied decreases, or the increasing direction can be obtained.

[0084] In order to investigate the device which such an optical response change produces, change of the

optical intensity distribution in the signal light beam cross section which happens when optical control is performed was measured. Namely, the light-receiving lens 9 is changed into the thing of bigger numerical aperture (for example, 0.75) than the numerical aperture (it is 0.65 in the case of this operation gestalt) of a condenser lens 7 in the equipment of drawing 1. The optical intensity-distribution measuring instrument was installed instead of the photodetector 22, all the bundle of rays that penetrated the membrane type optical element 8 were received and completed with the light-receiving lens 9, incidence was carried out to the light sensing portion 31 (effective diameter of 4mm) of said optical intensity-distribution measuring instrument, and the optical intensity distribution of a signal light bundle-of-rays cross section were measured. A measurement result is shown in drawing 8, and 9 and 10. As an optical intensity-distribution measuring instrument is shown in drawing 5, the first slit 32 with a width of face of 1mm is formed to a light sensing portion 31 (effective diameter of 4mm) here. It is equipment which move the second slit 33 with a width of face of 25 micrometers to the sense of Point X to the point Y with constant speed in the die-length direction of the first slit, i.e., drawing 5, and the luminous intensity which passed the aperture of the rectangle which is 1mmx25micrometer which the slit of two sheets makes is made to correspond to the migration location of said aperture, and is measured. What is necessary is just to record the output of the detector which received the light which passed said aperture on the storage oscilloscope synchronized with the passing speed of the second slit 33, in order to make it correspond to the migration location of said aperture and to measure optical reinforcement. Drawing 8 -10 show the optical intensity distribution about the light beam cross section of the signal light recorded on the storage oscilloscope as mentioned above, an axis of abscissa (location in a light beam cross section) corresponds to the location of the direction of Point X to the point Y of drawing 5, and an axis of ordinate expresses optical reinforcement.

[0085] Drawing 8 is the optical intensity distribution of said signal light beam cross section when control light does not carry out incidence to the membrane type optical element 8 but only signal light carries out incidence. The optical intensity distribution in this case are distribution (in general "Gaussian distribution") in which reinforcement becomes weaker as the reinforcement for a core is strong and goes on the outskirts. [0086] Drawing 9 is the optical intensity distribution of the signal light beam cross section when irradiating control light in the conditions on which the optical response 222 of the sense to which apparent signal light reinforcement decreases is observed, when a convergence beam diameter sets the location (focus Fc) used as the minimum as the place (incidence side of light) near the condenser lens 7 of the membrane type optical element 8 and irradiates control light. The optical reinforcement for a core of the optical intensity distribution in this case is weak, and they are the distribution to which optical reinforcement increases on the outskirts. When another view is carried out, it turns out that it is equivalent to what removed the pencil of light rays near a beam core from the pencil of light rays of optical intensity distribution like drawing 8 when not irradiating control light. Zero are approached as the optical reinforcement of the core of a signal light beam cross section decreases depending on the physical relationship of control light reinforcement and the membrane type optical element 8, and a focus and its control light reinforcement increases. Therefore, if only a part for the core of a signal light beam is taken out in this case and apparent signal light reinforcement is measured, corresponding to intermittence of control light, the optical response 222 of the sense to which signal luminous intensity decreases can be taken out in sufficient magnitude.

[0087] Drawing 10 is the optical intensity distribution of the signal light beam cross section when irradiating control light in the conditions on which the optical response 223 of the sense to which apparent signal light reinforcement increases is observed, when a convergence beam diameter sets the location (focus Fc) used as the minimum as the place (outgoing radiation side of light) near the light-receiving lens 9 of the membrane type optical element 8 and irradiates control light. In this case, the optical reinforcement for a core is stronger than the optical reinforcement for a core when not irradiating control light (drawing 8). In this case, although the optical reinforcement of the core of a signal light beam cross section depends for control light reinforcement and the membrane type optical element 8 on the relation of a focal location, it reaches also several times at the time of a control \*\*\*\* exposure. Therefore, if only a part for the core of a signal light beam is taken out in this case and apparent signal light reinforcement is measured, corresponding to intermittence of control light, the optical response 223 of the sense to which signal luminous intensity increases can be taken out in sufficient magnitude.

[0088] The optical intensity modulation (optical response) of the signal light by intermittence of control light is the core of a signal light beam (flux of light) cross section, and the above experiment shows having occurred greatly especially. Therefore, when numerical aperture of the light-receiving lens 9 is made larger than the numerical aperture of a condenser lens 7, it supplements with all the signal light that penetrated the optical element 8 contrary to the main point of this invention and light is received with a photodetector, the

optical response detected will become remarkably small compared with the case of this invention.

Moreover, noise components other than the part which received the light modulation by control light in the photodetector will be incorporated, and a S/N ratio will get remarkably bad.

[0089] In addition, drawing 11, and 12 and 13 are the optical intensity distributions of the signal light beam cross section at the time of setting the numerical aperture of 0.65 and the light-receiving lens 9 to 0.4 for the numerical aperture of a condenser lens 7. When only signal light carries out incidence of drawing 11 to the membrane type optical element 8 and drawing 12 sets the location (focus Fc) where a convergence beam diameter serves as the minimum as the place (incidence side of light) near the condenser lens 7 of the membrane type optical element 8, Drawing 13 is each optical intensity distribution of said signal light at the time of setting the location (focus Fc) where a convergence beam diameter serves as the minimum as the place (outgoing radiation side of light) near the light-receiving lens 9 of the membrane type optical element 8.

[0090] [Operation gestalt 2] In order to enlarge an optical response in the optical control light method and the optical control unit of this invention, complete respectively said control light and said signal light, and it irradiates to said optical element. And although what is necessary is just to arrange the optical path of said control light and said signal light, respectively so that the fields where the photon density near each focus of said control light and said signal light is the highest may overlap mutually in said optical element It is desirable to make signal light and control light spread by the same optical path substantially for that purpose. In addition, focus Fc at the time of making it converge by aperture angle  $2\theta$  with a condenser lens 7 etc., when it is the Gaussian beam from which the amplitude distribution of the electric field of said control light and said signal light is Gaussian distribution The situation of the bundle of rays in near and a wave front 30 is shown in drawing 6. Here, it is 0 the diameter of  $2\omega$  of the Gaussian beam of wavelength  $\lambda$ . The location  $\omega_0$  which becomes min, i.e., the radius of a beam waist, It is expressed with the following formula.

[0091]

[Equation 3]  $\omega_0 = \lambda / (\pi \cdot \theta)$

For example, the radius of a beam waist when the radius of the beam waist when converging control light with a wavelength [ of 633nm ] and a beam diameter of 1mm converges similarly 2.02 micrometers of signal light with a wavelength [ of 694nm ] and a beam diameter of 8mm with the condenser lens (the focal distance of 5mm, numerical aperture 0.65) used with the operation gestalt 1 is calculated with 0.327 micrometers (almost diffraction limitation).

[0092] As shown in drawing 7, that signal light and control light can consider "It is the same optical path substantially" has the mutually parallel optical axis of : 1) control light which is the following cases, and signal light. In the optical path L02 (radius  $r_2$ ) of control light, for example, a cross section, the optical path of signal light, For example, when a cross section L+1, L01, or L-1 (radius  $r_1$ ;  $r_1 \leq r_2$ ) laps and spreads, 2) The optical axis of control light and signal light is mutually parallel. In the optical path L02 (radius  $r_2$ ) of signal light, for example, a cross section, the optical path of control light, For example, when a cross section L+1, L01, or L-1 (radius  $r_1$ ;  $r_1 \leq r_2$ ) laps and spreads, 3) When the optical axis of control light and signal light are parallel (the distance  $l+1$  between optical axis,  $l-1$ , or  $l+1+l-1$ ) mutually and the optical path of control light also of either a cross section L+1, L01 or L-1 and the optical path of signal light is either a cross section L+1, L01 or L-1.

[0093] The data of Table 1 are set to the equipment of the operation gestalt 1 as an example. As a condenser lens 7 The objective lens for microscopes of numerical aperture 0.65 is used. As a light-receiving lens 9 The location (focus) where a convergence beam diameter serves as the minimum is set as the place (incidence side of light) near the condenser lens 7 of the membrane type optical element 8 using the lens for microscopes of a numerical aperture 0.4. Under the condition on which the optical response 222 of the direction where said signal light which penetrated said optical element decreases is observed, The optical path of signal light is fixed to a cross section L02 (diameter of 8mm). The optical path (optical axis) of the control light of a cross section L+1, L01, or L-1 (diameter of 1mm) as the distance  $l+1$  between optical axis, or  $l-1$  0.9 thru/or the case where 1.2mm parallel displacement is carried out, Change of magnitude  $\Delta T$  of signal light and an optical response is shown. Although an optical response when the optical axis of signal light and control light is completely in agreement is max, even if the distance  $l+1$  between optical axis or  $l-1$  shifts about  $\pm 0.6$ mm, magnitude  $\Delta T$  of an optical response changes about seven points.

[0094] Namely, the optical path of said control light and said signal light is arranged, respectively so that the fields (beam waist) where the photon density near each focus of the signal light which it converged, and control light is the highest may overlap mutually in said optical element. When the optical path of that said

optical response becomes max when piling of these fields becomes max (i.e., when the optical axis of said control light and said signal light is completely in agreement), said control light, and said signal light was substantially the same, it turned out that an optical, sufficiently big response is obtained.

[0095]

[Table 1]

制御光 (633nm) の 平行移動距離 l /mm	信号光 (694nm) の 光応答 $\Delta T$ /%
-0.9	6.8
-0.6	8.2
-0.3	8.4
0.0	8.8
+0.3	8.4
+0.6	8.1
+0.9	6.7
+1.2	3.2

[Operation gestalt 3] As cyanine dye, instead of DODCI, 1, the 1'-diethyl -2, and 2'-carbocyanine iodide (Aldrich make) were used, and also the membrane type optical element 8 was created with the same procedure as the approach of a publication in the operation gestalt 1. The permeability of this film was 88.5% on the wavelength (694nm) of signal light 0.18% in the wavelength (633nm) of control light.

[0096] This membrane type optical element was attached in the same optical control device as the case of the operation gestalt 1 ( drawing 1 ), and the sense and magnitude of an optical response of signal light corresponding to intermittence of control light were investigated, changing the physical relationship of the location (focus Fc) where the convergence beam diameter of control light and signal light serves as the minimum, and the membrane type optical element 8. As a condenser lens 7, however, the lens for microscopes of one 20 times the scale factor of this, and numerical aperture 0.4 Spacing (d78+d89) of a condenser lens 7 and the light-receiving lens 9 has been fixed using the objective lens for microscopes of one 10 times the scale factor of this, and numerical aperture 0.3 as a light-receiving lens 9. The distance of the membrane type optical element 8 and a condenser lens 7 was changed, and the physical relationship of the focal location of the control light which it converged by the same optical path, and signal light, and the membrane type optical element 8 was changed, and was performed.

[0097] The maximum of magnitude  $\Delta T'$  of a response of the sense from which apparent signal light reinforcement increases the maximum of magnitude  $\Delta T$  of a response of the sense to which signal light reinforcement decreases by 91% was 48% at the time of incidence power 13mW of control light.

[0098] [Operation gestalt 4] The outline configuration of the optical control unit of this operation gestalt is shown in drawing 14 . Such an optical equipment configuration and arrangement can be suitably used, also when using optical elements other than the membrane type optical element 8 which is illustrated to drawing 14 , such as a fiber mold, an optical waveguide mold, and a micro channel array mold.

[0099] About the light sources 1 and 2, ND filter 3, a shutter 4, photodetectors 11 and 22, the membrane type optical element 8, the wavelength selection filter 20, and the oscilloscope 100, the same thing as the operation gestalt 1 ( drawing 1 ) was used similarly.

[0100] By using a dichroic mirror 21 by arrangement as shown in drawing 14 , while dividing control light and acting as the monitor of the optical reinforcement with a photodetector 11, the optical path of control

light and signal light can be piled up, and the required photomixing machine 6 can be omitted by arrangement of drawing 1 . However, in arrangement of drawing 7 , in order to complement wavelength selection transparency and reflection of a dichroic mirror 21, it is desirable to form the wavelength selection transparency filter 10 which signal light is intercepted [ filter ] completely and makes only control light penetrate in front of a photodetector 11. Moreover, in order to avoid that signal light and/or control light have a bad influence on return and light equipment to the light sources 1 and 2, optical isolators 13 and 14 may be formed before the light sources 1 and 2 if needed, respectively.

[0101] As an optical convergence means at the time of completing the signal light and control light which made the optical path in agreement together, and irradiating to the membrane type optical element 8, concave mirrors 15 and 16 can be used in arrangement like drawing 14 instead of a condenser lens 7 and the light-receiving lens 9. Although the problem that a focal distance changes with wavelength strictly arises when using a lens as a convergence means common to signal light and control light, the worries do not exist at a concave mirror.

[0102] The following approaches are employable in order to classify and take out the signal light bundle of rays of the field which received strongly said intensity modulation and/or a luminous-density modulation among the signal light bundle of rayses to emit, after setting to the optical control unit of this invention which is illustrated to drawing 14 and penetrating or reflecting said optical element.

[0103] (1) How to extract before a photodetector 22 and to prepare 19.

[0104] (2) How to make angular aperture of the concave mirror 16 by the side of light-receiving smaller than the angular aperture of the concave mirror 15 by the side of an exposure.

[0105] (3) How to make small angular aperture of the concave mirror 16 by the side of light-receiving, to extract before a photodetector 22 further, and to prepare 19 rather than the angular aperture of the concave mirror 15 by the side of an exposure.

[0106] In the optical control unit of this invention which is illustrated to drawing 14 , indispensable equipment configuration elements are the light sources 1 and 2, a dichroic mirror 21, the wavelength selection transparency filter 20, concave mirrors 15 and 16, and the membrane type optical element 8. In addition, the beam splitter of polarization or unpolarized light can also be used instead of the dichroic mirror 21 in drawing 14 .

[0107] As a procedure in case equipment as shows the optical control approach of this invention to drawing 14 performs First, the optical path of control light (light source 1) and signal light (light source 2) is in agreement, and it is the common focus Fc. It adjusts so that an optical element 8 may be arranged in a location (beam waist). Subsequently In order to check the function of a dichroic mirror 21 and the wavelength selection transparency filters 10 and 20, When only there being no response in a photodetector 22 when the light sources' 1 and 2 are turned on by turns and only the light source's 1 is turned on (shutter 4 disconnection), and the light source 2 were turned on, it checked that there was no response in a photodetector 11.

[0108] Hereafter, like the case of the operation gestalt 1, the light and the optical control approach using said membrane type optical element 8 were enforced, and the experimental result equivalent to the case of the operation gestalt 1 was obtained.

[0109]

[Effect of the Invention] As mentioned above, as explained to the detail, according to the optical control approach and the optical control unit of this invention, it becomes realizable by making laser light in a visible region into control light to modulate efficiently the signal light in a near infrared ray field in practically sufficient speed of response with very simple optical equipment, for example, without using an electronic circuitry etc. entirely.

---

[Translation done.]



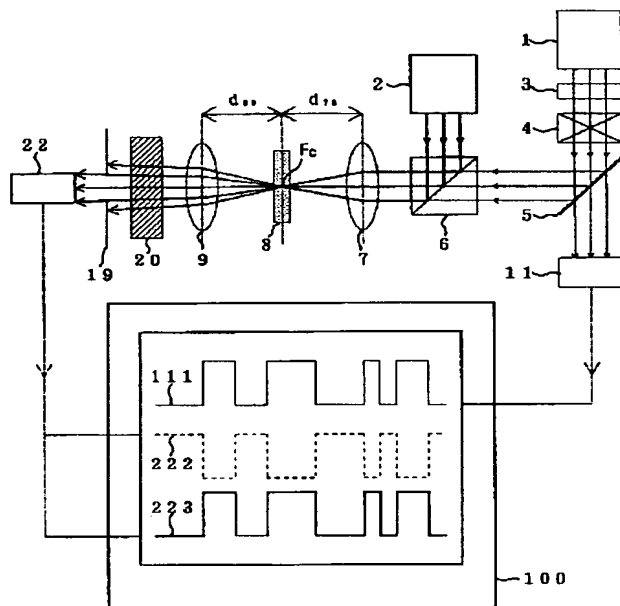
## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

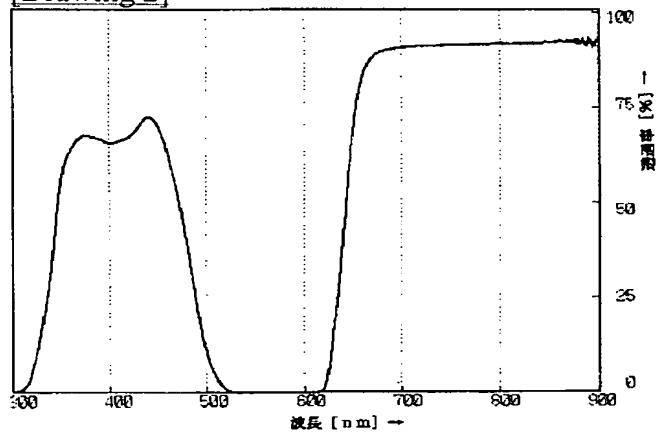
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

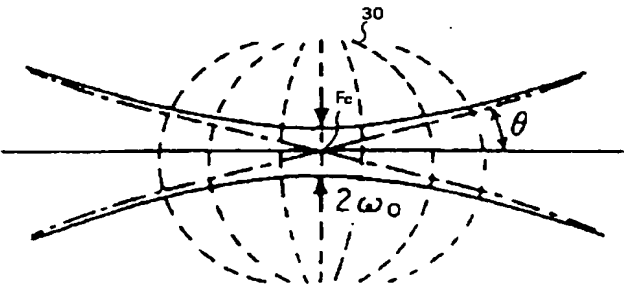
[Drawing 1]



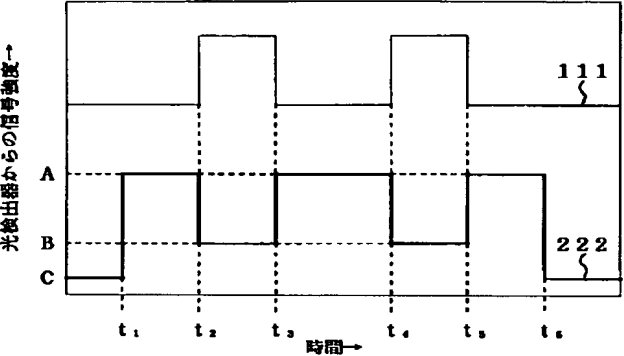
[Drawing 2]



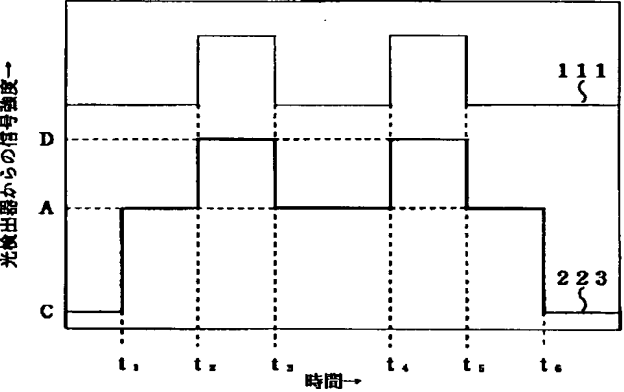
[Drawing 6]



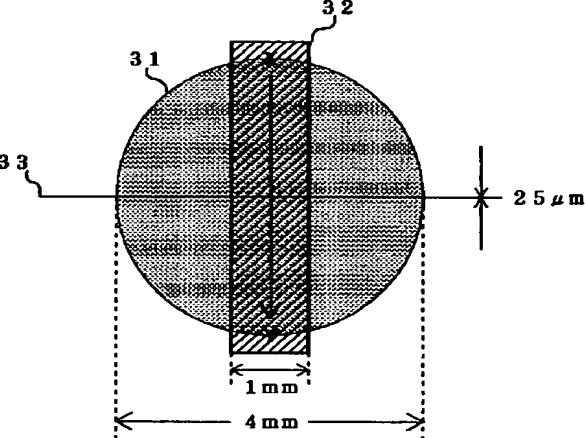
[Drawing 3]



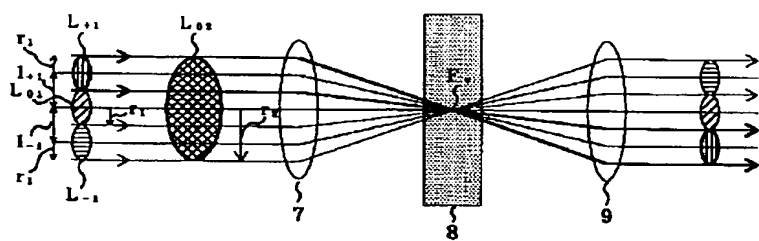
[Drawing 4]



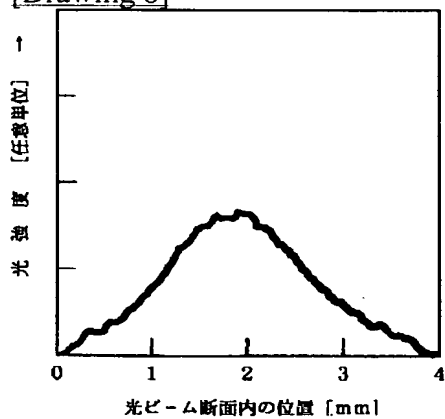
[Drawing 5]



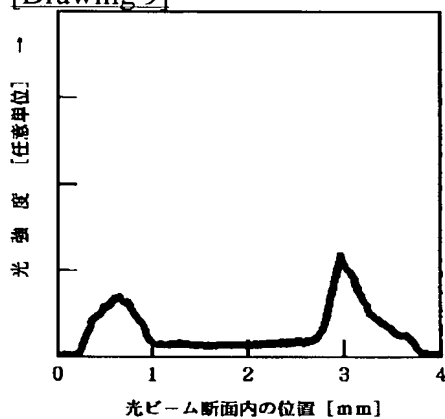
[Drawing 7]



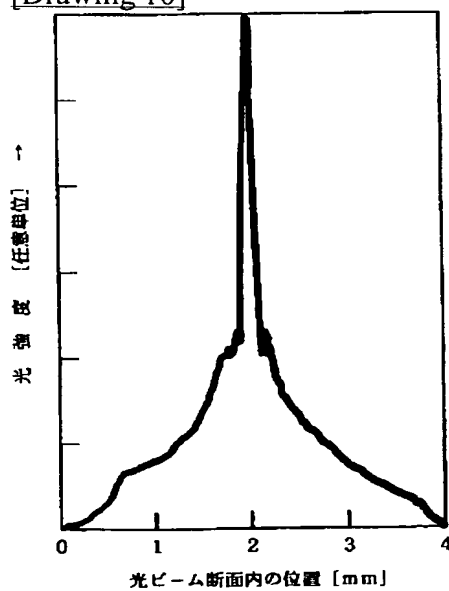
[Drawing 8]



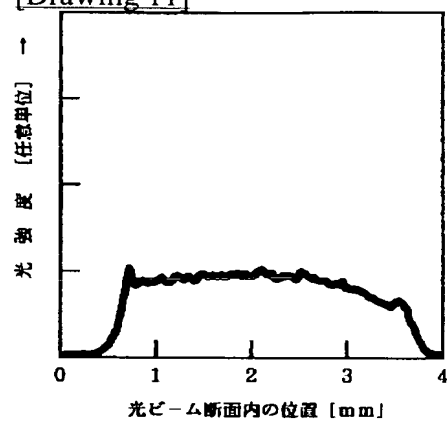
[Drawing 9]



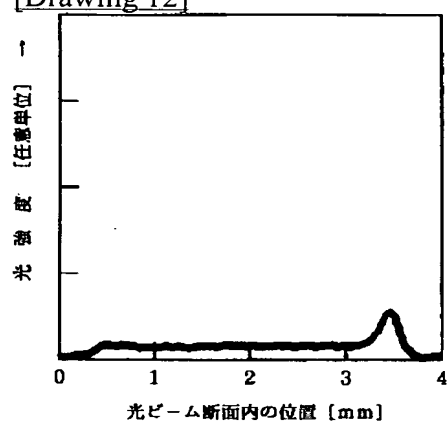
[Drawing 10]



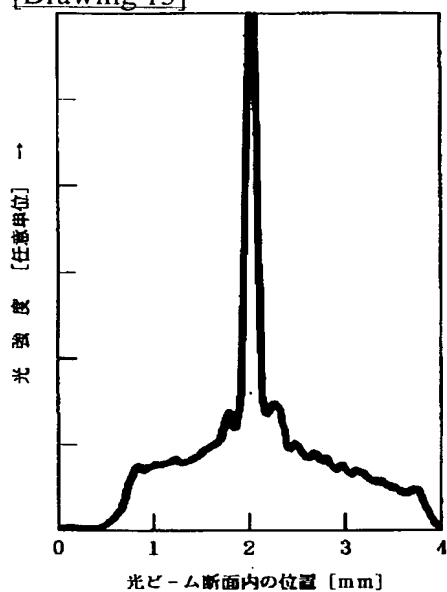
[Drawing 11]



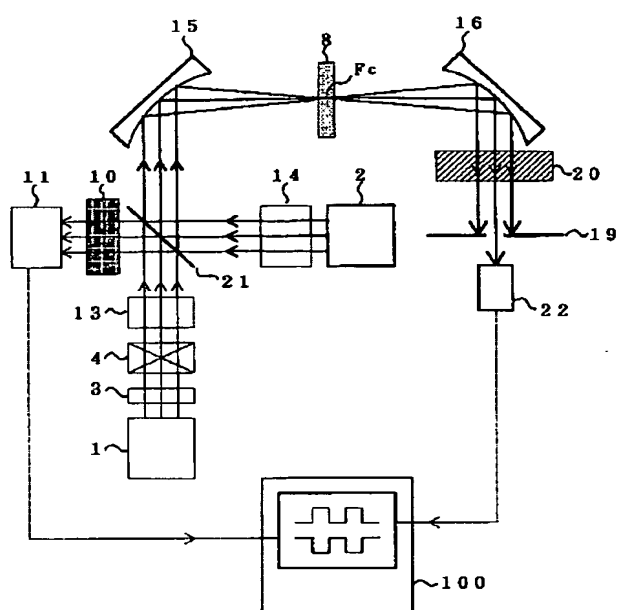
[Drawing 12]



[Drawing 13]



[Drawing 14]



[Translation done.]

## \* NOTICES \*

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

 WRITTEN AMENDMENT
 

---

----- [a procedure revision]

[Filing Date] September 11, Heisei 8

[Procedure amendment 1]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] Claim 3

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[Claim 3] In the optical control approach according to claim 1 or 2,

After penetrating or reflecting said optical element, the signal light bundle of rays to emit is taken out in the include-angle range (angular aperture) smaller than the emission include angle of said signal light bundle of rays,

The optical control approach characterized by classifying and taking out the signal light bundle of rays of the field which received strongly said intensity modulation and/or a luminous-density modulation.

[Procedure amendment 2]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0086

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0086] Drawing 9 is the optical intensity distribution of the signal light beam cross section when irradiating control light in the conditions on which the optical response 222 of the sense to which apparent signal light reinforcement decreases is observed, when a convergence beam diameter sets the location (focus Fc) used as the minimum as the place (incidence side of light) near the condenser lens 7 of the membrane type optical element 8 and irradiates control light. The optical reinforcement for a core of the optical intensity distribution in this case is weak, and they are the distribution to which optical reinforcement increases on the outskirts. Zero are approached as the optical reinforcement of the core of a signal light beam cross section decreases depending on the physical relationship of control light reinforcement and the membrane type optical element 8, and a focus and its control light reinforcement increases. Therefore, if only a part for the core of a signal light beam is taken out in this case and apparent signal light reinforcement is measured, corresponding to intermittence of control light, the optical response 222 of the sense to which signal luminous intensity decreases can be taken out in sufficient magnitude.

----- [a procedure revision]

[Filing Date] September 12, Heisei 8

[Procedure amendment 1]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0008

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0008] These people canceled the technical problem which the above-mentioned conventional technique has, and applied for the patent (Japanese Patent Application No. No. 25618 [ seven to ]) about the optical control approach and an optical control unit which pull out the optical response of sufficient magnitude and a rate from the optical element of optical responsibility by the lowest possible optical power, and the patent (Japanese Patent Application No. No. 58413 [ seven to ], No. 58414 [ seven to ]) about an optical

responsibility ingredient.

[Procedure amendment 2]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0025

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0025] An approach well-known for dissolving or distributing coloring matter into these matrix materials can be used. For example, after dissolving coloring matter and a matrix material into a common solvent and mixing, How to form a matrix material, since coloring matter is dissolved or distributed to the raw material solution of the inorganic system matrix material manufactured with the approach of evaporating a solvent and removing, and a sol gel process, Into the monomer of an organic macromolecule system matrix material, a solvent is used if needed. Since coloring matter is dissolved or distributed, this monomer A polymerization thru/or the approach of making carry out a polycondensation and forming a matrix material, After carrying out precipitate which both coloring matter and a thermoplastic organic macromolecule system matrix material trickled coloring matter and the solution which dissolved the organic macromolecule system matrix material into the common solvent into the insoluble solvent, and produced it a \*\* exception and drying, the approach of heating and melting processing it etc. can be used suitably. Although it is known that the special meeting object which is made to condense a coloring matter molecule and is called "H meeting object", "J meeting object", etc. with devising the combination and the processing approach of coloring matter and a matrix material can be made to form, the coloring matter molecule in a matrix material may be used on the conditions which form such a state of aggregation or a meeting condition.

[Procedure amendment 3]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0026

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0026] Moreover, an approach well-known for distributing the aforementioned various particles into these matrix materials can be used. Said particle For example, the solution of a matrix material, Or the method of removing a solvent, after distributing in the solution of the precursor of a matrix material, Since said particle is distributed into the monomer of an organic macromolecule system matrix material if needed, this monomer using a solvent as a precursor of a polymerization thru/or the approach of making carry out a polycondensation and forming a matrix material, and a particle After dissolving or distributing metal salts, such as perchloric acid cadmium and a gold chloride, in an organic macromolecule system matrix material, it processes by hydrogen-sulfide gas. For example, the particle of a cadmium sulfide Or the approach and chemical vapor deposition which deposit a golden particle in a matrix material, respectively, the sputtering method, etc. can be suitably used by heat-treating.

[Procedure amendment 4]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0035

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0035] In the optical control approach and the optical control unit of this invention, control light and signal light are completed, respectively. The field where the photon density near [ each ] the focus of said control light and said signal light is the highest sets in an optical element. Mutually And overlap, It becomes possible to raise remarkably the interaction effectiveness of the photon of the excitation kinds in the optical responsibility constituent of said optical element (for example, a coloring matter molecule, a metal ion, etc.), said control light, and said signal light. Consequently, it becomes possible to pull out the optical response of sufficient magnitude and a rate from the optical element of optical responsibility by low optical power compared with the former.

[Procedure amendment 5]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0063

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0063] Although incidence of control light and the signal light is converged and carried out to the membrane type optical element 8 in equipment arrangement of drawing 1 , if the location (focus Fc) where a



convergence beam diameter serves as min is set as the place (incidence side of light) near the condenser lens 7 of the membrane type optical element 8, the optical response 222 of the direction where said signal luminous intensity which penetrated said optical element decreases will be observed. On the other hand, if the location (focus Fc) where a convergence beam diameter serves as min is set as the place (outgoing radiation side of light) near the light-receiving lens 9 of the membrane type optical element 8, the optical response 223 of the direction where the reinforcement of the appearance of said signal light which penetrated said optical element increases will be observed.

[Procedure amendment 6]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0067

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0067] In addition, migration on the membrane type optical element 8 of the convergence beam diameter minimum location (focus Fc) was performed by moving the membrane type optical element 8. That is, with spacing (d78+d89) of a condenser lens 7 and the light-receiving lens 9 fixed, the distance of the membrane type optical element 8 and a condenser lens 7 was changed, and the physical relationship of the focal location of the control light which it converged by the same optical path, and signal light, and the membrane type optical element 8 was changed, and was performed.

[Procedure amendment 7]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0083

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0083] By changing the physical relationship of the location (focus Fc) where a convergence beam diameter serves as min as mentioned above, and the membrane type optical element 8, the sense of an optical response of signal light can be reversed and the response of the direction where the reinforcement of the appearance of signal light decreases, or the increasing direction can be obtained.

[Procedure amendment 8]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0086

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0086] Drawing 9 is the optical intensity distribution of the signal light beam cross section when irradiating control light in the conditions on which the optical response 222 of the sense to which apparent signal light reinforcement decreases is observed, when a convergence beam diameter sets the location (focus Fc) used as min as the place (incidence side of light) near the condenser lens 7 of the membrane type optical element 8 and irradiates control light. The optical reinforcement for a core of the optical intensity distribution in this case is weak, and they are the distribution to which optical reinforcement increases on the outskirts. Zero are approached as the optical reinforcement of the core of a signal light beam cross section decreases depending on the physical relationship of control light reinforcement and the membrane type optical element 8, and a focus and its control light reinforcement increases. Therefore, if only a part for the core of a signal light beam is taken out in this case and apparent signal light reinforcement is measured, corresponding to intermittence of control light, the optical response 222 of the sense to which signal luminous intensity decreases can be taken out in sufficient magnitude.

[Procedure amendment 9]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0087

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0087] Drawing 10 is the optical intensity distribution of the signal light beam cross section when irradiating control light in the conditions on which the optical response 223 of the sense to which apparent signal light reinforcement increases is observed, when a convergence beam diameter sets the location (focus Fc) used as min as the place (outgoing radiation side of light) near the light-receiving lens 9 of the membrane type optical element 8 and irradiates control light. In this case, the optical reinforcement for a core is stronger than the optical reinforcement for a core when not irradiating control light ( drawing 8 ). In this case, although the optical reinforcement of the core of a signal light beam cross section depends for control light

reinforcement and the membrane type optical element 8 on the relation of a focal location, it reaches also several times at the time of a control \*\*\*\* exposure. Therefore, if only a part for the core of a signal light beam is taken out in this case and apparent signal light reinforcement is measured, corresponding to intermittence of control light, the optical response 223 of the sense to which signal luminous intensity increases can be taken out in sufficient magnitude.

[Procedure amendment 10]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0089

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0089] In addition, drawing 11 , and 12 and 13 are the optical intensity distributions of the signal light beam cross section at the time of setting the numerical aperture of 0.65 and the light-receiving lens 9 to 0.4 for the numerical aperture of a condenser lens 7. When only signal light carries out incidence of drawing 11 to the membrane type optical element 8 and drawing 12 sets the location (focus Fc) where a convergence beam diameter serves as min as the place (incidence side of light) near the condenser lens 7 of the membrane type optical element 8, Drawing 13 is each optical intensity distribution of said signal light at the time of setting the location (focus Fc) where a convergence beam diameter serves as the minimum as the place (outgoing radiation side of light) near the light-receiving lens 9 of the membrane type optical element 8.

[Procedure amendment 11]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0093

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0093] The data of Table 1 are set to the equipment of the operation gestalt 1 as an example. As a condenser lens 7 The objective lens for microscopes of numerical aperture 0.65 is used. As a light-receiving lens 9 The location (focus) where a convergence beam diameter serves as min is set as the place (incidence side of light) near the condenser lens 7 of the membrane type optical element 8 using the lens for microscopes of a numerical aperture 0.4. Under the condition on which the optical response 222 of the direction where said signal light which penetrated said optical element decreases is observed, The optical path of signal light is fixed to a cross section L02 (diameter of 8mm). The optical path (optical axis) of the control light of a cross section L+1, L01, or L-1 (diameter of 1mm) as the distance l+1 between optical axis, or l-1 0.9 thru/or the case where 1.2mm parallel displacement is carried out, Change of magnitude  $\Delta T$  of signal light and an optical response is shown. Although an optical response when the optical axis of signal light and control light is completely in agreement is max, even if the distance l+1 between optical axis or l-1 shifts about  $\pm 0.6$ mm, magnitude  $\Delta T$  of an optical response changes about seven points.

[Procedure amendment 12]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0094

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0094] Namely, the optical path of said control light and said signal light is arranged, respectively so that the fields (beam waist) where the photon density near each focus of the signal light which it converged, and control light is the highest may overlap mutually in said optical element. When the optical path of that said optical response becomes max when the overlap of these fields becomes max (i.e., when the optical axis of said control light and said signal light is completely in agreement), said control light, and said signal light was substantially the same, it turned out that an optical, sufficiently big response is obtained.

[Procedure amendment 13]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0096

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[0096] This membrane type optical element was attached in the same optical control device as the case of the operation gestalt 1 ( drawing 1 ), and the sense and magnitude of an optical response of signal light corresponding to intermittence of control light were investigated, changing the physical relationship of the location (focus Fc) where the convergence beam diameter of control light and signal light serves as min, and the membrane type optical element 8. As a condenser lens 7, however, the lens for microscopes of one 20

times the scale factor of this, and numerical aperture 0.4 Spacing ( $d_{78}+d_{89}$ ) of a condenser lens 7 and the light-receiving lens 9 has been fixed using the objective lens for microscopes of one 10 times the scale factor of this, and numerical aperture 0.3 as a light-receiving lens 9. The distance of the membrane type optical element 8 and a condenser lens 7 was changed, and the physical relationship of the focal location of the control light which it converged by the same optical path, and signal light, and the membrane type optical element 8 was changed, and was performed.

---

[Translation done.]

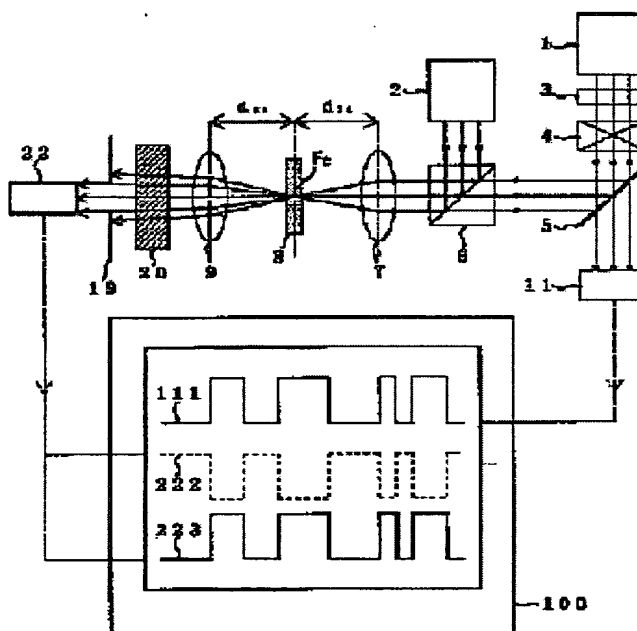
# OPTICAL CONTROL METHOD AND OPTICAL CONTROLLER

**Patent number:** JP9329816  
**Publication date:** 1997-12-22  
**Inventor:** UENO ICHIRO; TANAKA NORIO; TAKARADA SHIGERU  
**Applicant:** VICTOR COMPANY OF JAPAN; DAINICHISEIKA COLOR CHEM  
**Classification:**  
**- international:** G02F1/19; G02F1/35; G02F1/01; G02F1/35; (IPC1-7): G02F1/35  
**- european:**  
**Application number:** JP19960151133 19960612  
**Priority number(s):** JP19960151133 19960612

Report a data error here

## Abstract of JP9329816

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To extract a light response of satisfactory magnitude and speed out of a light responsive optical element with good reproducibility. **SOLUTION:** Control light is emitted from a light source 1, and signal light is emitted from a light source 2. The control light and the signal light are converged by a condensing lens 7, then, the optical element 8 is irradiated with the light. Only the signal light is detected by a photodetector 22 through a photoreceiving lens 9 and a wavelength selecting filter 20. The transmissivity of the signal light reversibly increases/decreases in accordance with the on/off of the control light, then, the intensity of the signal light is modified. By setting the numerical aperture of the photoreceiving lens 9 substantially smaller than that of the condensing lens 7, the light response of satisfactory magnitude and speed is pulled out of the light receptive optical element 8.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-329816

(43) 公開日 平成9年(1997)12月22日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 F 1/35

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 F 1/35

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平8-151133

(22) 出願日 平成8年(1996)6月12日

(71) 出願人 000004329

日本ビクター株式会社

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地

(71) 出願人 000002820

大日精化工業株式会社

東京都中央区日本橋馬喰町1丁目7番6号

(72) 発明者 上野 一郎

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内

(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

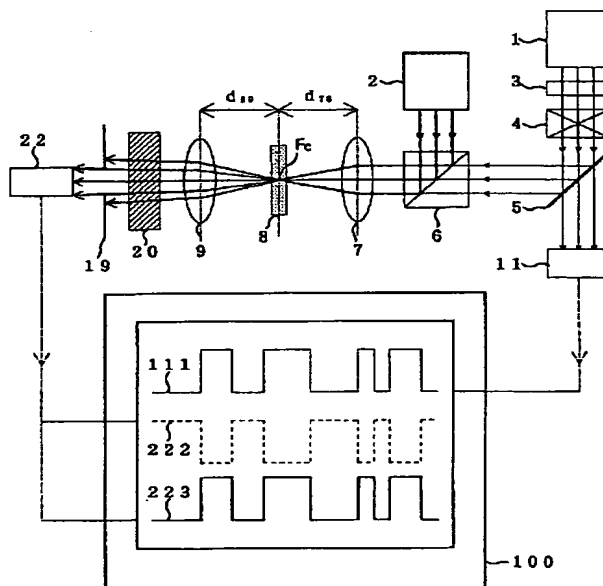
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光制御方法および光制御装置

(57) 【要約】

【目的】 充分な大きさおよび速度の光応答を再現性良く光応答性の光学素子から引き出すような光制御方法および光制御装置を提供する。

【構成】 光源1から制御光が、光源2から信号光が射出する。制御光および信号光は集光レンズ7で収束され、光学素子8に照射される。受光レンズ9および波長選択フィルタ20を経て光検出器22で信号光のみが検出される。制御光のON、OFFにより信号光の透過率が可逆的に増減し、信号光の強度変調が実現する。受光レンズの開口数を集光レンズの開口数よりも実質的に小さく設定することにより、充分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引き出すことが可能となる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 光応答性組成物から成る光学素子に制御光を照射し、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に変化させることにより前記光学素子を透過する前記信号光の強度変調および／または光束密度変調を行う光制御方法において、前記制御光および前記信号光を各々収束させて前記光学素子へ照射し、かつ、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点近傍の光子密度が最も高い領域が前記光学素子中において互いに重なり合うように、前記制御光および前記信号光の光路をそれぞれ配置した光制御方法であり、

更に、前記光学素子を透過または反射した後、発散していく信号光光線束のうち、前記強度変調および／または光束密度変調を強く受けた領域の信号光光線束を分別して取り出すことを特徴とする光制御方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の光制御方法において、前記制御光および前記信号光を前記光学素子中において実質的に同一光路で伝搬させることを特徴とする光制御方法。

【請求項 3】 請求項 1 および 2 記載の光制御方法において、前記光学素子を透過または反射した後、発散していく信号光光線束を、前記信号光光線束の発散角度よりも小さい角度範囲（開口角）で取り出すことによって、前記強度変調および／または光束密度変調を強く受けた領域の信号光光線束を分別して取り出すことを特徴とする光制御方法。

【請求項 4】 光応答性組成物から成る光学素子に制御光を照射し、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に増減させることにより前記光学素子を透過する前記信号光の強度変調および／または光束密度変調を行う光制御方法に用いられる光制御装置であって、

前記制御光および前記信号光を各々収束させる収束手段を有し、収束された前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点近傍の光子密度が最も高い領域が互いに重なり合うように、前記制御光および前記信号光の光路をそれぞれ配置し、

かつ、前記光学素子は、収束された前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点近傍の光子密度が最も高い領域が互いに重なり合う位置に配置され、

更に、前記光学素子を透過または反射した後、発散していく信号光光線束のうち、前記強度変調および／または光束密度変調を強く受けた領域の信号光光線束を分別して取り出す手段を有することを特徴とする光制御装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載の光制御装置において、前記強度変調および／または光束密度変調を強く受けた領域の信号光光線束を分別して取り出す手段として、前記光学素子へ前記信号光を収束させて入射させる際に

用いた収束手段の開口数よりも小さい開口数の収束手段を用いることを特徴とする光制御装置。

【請求項 6】 請求項 4 記載の光制御装置において、前記強度変調および／または光束密度変調を強く受けた領域の信号光光線束を分別して取り出す手段として、絞りをを用いることを特徴とする光制御装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、例えば光通信、光情報処理などの光エレクトロニクスおよびフォトリソグラフィ分野において有用な、光応答性組成物から成る光学素子を用いる光制御方法および光制御装置に関するものである。

**【0002】**

【従来の技術】 超高速情報伝達・処理を目的として、光の多重性、高密度性に着目した光エレクトロニクスおよびフォトリソグラフィ分野において、光学材料または光学組成物を加工して作成した光学素子に光を照射することで引き起こされる透過率や屈折率の変化を利用して、電子回路技術を用いずに、光の強度（振幅）または周波数（波長）を変調しようとする光・光制御方法の研究開発が盛んに進められている。また、光の特徴を活かして、並列光論理演算や画像処理を行おうとする場合、光ビーム（光線束）の断面に光強度分布変化など、何等かの変調を行うための「空間光変調器」が極めて重要であり、ここへも光・光制御方法の適用が期待される。

【0003】 光・光制御方法への応用が期待される現象としては可飽和吸収、非線形屈折、フォトリソグラフィ効果などの非線形光学効果、およびフォトリソグラフィ現象が広く注目を集めている。

【0004】 一方、第一の波長帯域の光で励起された分子が、分子構造の変化を伴わずに、第一の波長帯域とは異なる第二の波長帯域において新たに光吸収を起こす現象も知られており、これを「励起状態吸収」または「誘導吸収」、あるいは「過渡吸収」と呼ぶことができる。

【0005】 励起状態吸収の応用を試みた例としては、例えば、特開昭 53-137884 号公報にはポルフィリン系化合物と電子受容体を含んだ溶液または固体に対して波長の異なる少なくとも二種類の光線を照射し、この照射により一方の波長の光線が有する情報を他方の光線の波長に移すような光変換方法が開示されている。また、特開昭 55-100503 号公報および特開昭 55-108603 号公報にはポルフィリン誘導体などの有機化合物の基底状態と励起状態の間の分光スペクトルの差を利用し、励起光の時間的な変化に対応して伝搬光を選択するような機能性の液体コア型光ファイバーが開示されている。また、特開昭 63-89805 号公報には光によって励起された三重項状態から更に上位の三重項状態への遷移に対応する吸収を有するポルフィリン誘導体などの有機化合物をコア中に含有しているプラスチック

ク光ファイバーが開示されている。また、特開昭63-236013号公報にはクリプトシアニンなどのシアニン色素の結晶に第一の波長の光を照射して分子を光励起した後、第一の波長とは異なる第二の波長の光を前記分子に照射し、第一の波長の光による光励起状態によって第二の波長の光の透過または反射をスイッチングするような光機能素子が開示されている。また、特開昭64-73326号公報にはポルフィリン誘導体などの光誘起電子移動物質をマトリックス材料中に分散した光変調媒体に第一および第二の波長の光を照射して、分子の励起状態と基底状態の間の吸収スペクトルの差を利用して光変調するような光信号変調媒体が開示されている。

【0006】これら従来技術で用いられている光学装置の構成としては、特開昭55-100503号公報、特開昭55-108603号公報、および特開昭63-89805号公報には伝搬光の伝播する光ファイバーを励起光の光源（例えばフラッシュランプ）の周囲に巻きつけるような装置構成が開示されており、特開昭53-137884号公報および特開昭64-73326号公報には光応答性光学素子内部の信号光に相当する光の伝播している部分全体に信号光の光路とは別の方向から制御光に相当する光を収束させることなくむしろ投射レンズなどの手段によって発散させて照射するような装置構成が開示されている。

【0007】しかしながら、以上のような従来技術においては、実用に足りる大きさの透過率変化または屈折率変化（光応答）を引き起こすためには非常に高密度の光パワーを必要としたり、光照射に対する応答が遅かったりするため、実用に至るものは未だ得られていないのが現状である。

【0008】本出願人は、上記従来技術の有する課題を解消し、できる限り低い光パワーで充分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引出すような光制御方法および光制御装置に関する特許（特願平7-25618）および光応答性材料に関する特許（特願平7-58413、7-58414）を出願した。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記課題を解決し、光応答を充分な大きさで再現性良く得るための光制御方法および光制御装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本願の請求項1記載の発明に係る光制御方法は、光応答性組成物から成る光学素子に制御光を照射し、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に変化させることにより前記光学素子を透過する前記信号光の強度変調および／または光束密度変調を行う光制御方法において、前記制御光および前記信号光を各々収束させて前記光学素子へ照射し、か

つ、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点近傍の光子密度が最も高い領域が前記光学素子中において互いに重なり合うように、前記制御光および前記信号光の光路をそれぞれ配置した光制御方法であり、更に、前記光学素子を透過または反射した後、発散していく信号光光線束のうち、前記強度変調および／または光束密度変調を強く受けた領域の信号光光線束を分別して取り出すことを特徴とする。

【0011】また、上記目的を達成するために、本願の請求項2記載の発明に係る光制御方法は、本願の請求項1記載の光制御方法において、前記制御光および前記信号光を前記光学素子中において実質的に同一光路で伝搬させることを特徴とする。

【0012】また、上記目的を達成するために、本願の請求項3記載の発明に係る光制御方法は、本願の請求項1および2記載の光制御方法において、前記光学素子を透過または反射した後、発散していく信号光光線束を、前記信号光光線束の発散角度よりも小さい角度範囲（開口角）で取り出すことによって、前記強度変調および／または光束密度変調を強く受けた領域の信号光光線束を分別して取り出すことを特徴とする。

【0013】この場合、通常、信号光光線束の中心部分が特に変調を受けやすいので、発散する信号光光線束を収束するために受光レンズを用いるときには信号光光線束の中心軸に受光レンズの中心軸を一致させることが好適である。

【0014】また、上記目的を達成するために、本願の請求項4記載の発明に係る光制御装置は、光応答性組成物から成る光学素子に制御光を照射し、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に増減させることにより前記光学素子を透過する前記信号光の強度変調および／または光束密度変調を行う光制御方法に用いられる光制御装置であって、前記制御光および前記信号光を各々収束させる収束手段を有し、収束された前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点近傍の光子密度が最も高い領域が互いに重なり合うように、前記制御光および前記信号光の光路をそれぞれ配置し、かつ、前記光学素子は、収束された前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点近傍の光子密度が最も高い領域が互いに重なり合う位置に配置され、更に、前記光学素子を透過または反射した後、発散していく信号光光線束のうち、前記強度変調および／または光束密度変調を強く受けた領域の信号光光線束を分別して取り出す手段を有することを特徴とする。

【0015】また、上記目的を達成するために、本願の請求項5記載の発明に係る光制御装置は、本願の請求項4記載の光制御装置において、前記強度変調および／または光束密度変調を強く受けた領域の信号光光線束を分別して取り出す手段として、前記光学素子へ前記信号光を収束させて入射させる際に用いた収束手段の開口数



よりも小さい開口数の収束手段を用いることを特徴とする。

【0016】また、上記目的を達成するために、本願の請求項6記載の発明に関わる光制御装置は、本願の請求項4記載の光制御装置において、前記強度変調および／または光束密度変調を強く受けた領域の信号光光線束を分別して取り出す手段として、絞りをを用いることを特徴とする。

【0017】〔光応答性組成物〕ここで、本発明における制御光を照射したとき、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に可変させるような光学素子に用いられる光応答性組成物としては、公知の種々のものを使用することができる。

【0018】その例を具体的に挙げるならば、例えば、GaAs、GaAsP、GaAlAs、InP、InSb、InAs、PbTe、InGaAsP、ZnSeなどの化合物半導体の単結晶、前記化合物半導体の微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、異種金属イオンをドーブした金属ハロゲン化物（例えば臭化カリウム、塩化ナトリウムなど）の単結晶、前記金属ハロゲン化物（例えば臭化銅、塩化銅、塩化コバルトなど）の微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、銅などの異種金属イオンをドーブしたCdS、CdSe、CdSeS、CdSeTeなどのカドミウムカルコゲナイドの単結晶、前記カドミウムカルコゲナイドの微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、シリコン、ゲルマニウム、セレン、テルルなどの半導体単結晶薄膜、多結晶薄膜、ないし多孔質薄膜、シリコン、ゲルマニウム、セレン、テルルなどの半導体微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、白金、金、パラジウムなどの貴金属微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、ルビー、アレキサンドライト、ガーネット、Nd:YAG、サファイア、Ti:サファイア、Nd:YLFなど、金属イオンをドーブした宝石に相当する単結晶（いわゆるレーザー結晶）、金属イオン（例えば鉄イオン）をドーブしたニオブ酸リチウム（ $\text{LiNbO}_3$ ）、 $\text{LiB}_3\text{O}_5$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、 $\text{KTiOPO}_4$ 、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 、 $\text{KNbO}_3$ 、 $\text{BaB}_2\text{O}_7$ などの強誘電性結晶、金属イオン（例えばネオジムイオン、エルビウムイオンなど）をドーブした石英ガラス、ソーダガラス、ホウケイ酸ガラスその他のガラスなどのほか、マトリックス材料中に色素を溶解または分散したものを好適に使用することができる。

【0019】これらの中でも、マトリックス材料中に色素を溶解または分散したものは、マトリックス材料および色素の選択範囲が広く、かつ光学素子への加工も容易であるため、本発明で特に好適に用いることができる。

【0020】本発明で用いることのできる色素の具体例としては、例えば、ローダミンB、ローダミン6G、エオシン、フロキシンBなどのキサンテン系色素、アクリジンオレンジ、アクリジンレッドなどのアクリジン系色

素、エチルレッド、メチルレッドなどのアゾ色素、ポリフィリン系色素、フタロシアニン系色素、3、3'-ジエチルチアカルボシアニンヨージド、3、3'-ジエチルオキサジカルボシアニンヨージドなどのシアニン色素、エチル・バイオレット、ピクトリア・ブルーRなどのトリアリールメタン系色素などを好適に使用することができる。

【0021】本発明では、これらの色素を単独で、または、2種類以上を混合して使用することができる。

【0022】本発明で用いることのできるマトリックス材料は、（1）本発明の光制御方式で用いられる光の波長領域で透過率が高いこと、（2）本発明で用いられる色素または種々の微粒子を安定性良く溶解または分散できること、（3）光学素子としての形態を安定性良く保つことができること、という条件を満足するものであれば任意のものを使用することができる。

【0023】無機系のマトリックス材料としては、例えば金属ハロゲン化物の単結晶、金属酸化物の単結晶、金属カルコゲナイドの単結晶、石英ガラス、ソーダガラス、ホウケイ酸ガラスなどの他、いわゆるゾルゲル法で作成される低融点ガラス材料などを使用することができる。

【0024】また、有機系のマトリックス材料としては、例えば種々の有機高分子材料を使用することができる。

【0025】これらのマトリックス材料中へ色素を溶解または分散させるには公知の方法を用いることができる。例えば、色素とマトリックス材料を共通の溶媒中へ溶解して混合した後、溶媒を蒸発させて除去する方法、ゾルゲル法で製造する無機系マトリックス材料の原料溶液へ色素を溶解または分散させてからマトリックス材料を形成する方法、有機高分子系マトリックス材料のモノマー中へ、必要に応じて溶媒を用いて、色素を溶解または分散させてから該モノマーを重合ないし重縮合させてマトリックス材料を形成する方法、色素と有機高分子系マトリックス材料を共通の溶媒中に溶解した溶液を、色素および熱可塑性の有機高分子系マトリックス材料の両方が不溶の溶剤中へ滴下し、生じた沈殿を濾別し乾燥してから加熱・溶融加工する方法などを好適に用いることができる。色素とマトリックス材料の組合せおよび加工方法を工夫することで、色素分子を凝集させ、「H会合体」や「J会合体」などと呼ばれる特殊な会合体を形成させることができることが知られているが、マトリックス材料中の色素分子をこのような凝集状態もしくは会合状態を形成する条件で使用しても良い。

【0026】また、これらのマトリックス材料中へ前記の種々の微粒子を分散させるには公知の方法を用いることができる。例えば、前記微粒子をマトリックス材料の溶液、または、マトリックス材料の前駆体の溶液に分散した後、溶媒を除去する方法、有機高分子系マトリッ

クス材料のモノマー中へ、必要に応じて溶媒を用いて、前記微粒子を分散させてから該モノマーを重合ないし重縮合させてマトリックス材料を形成する方法、微粒子の前駆体として、例えば過塩素酸カドミウムや塩化金などの金属塩を有機高分子系マトリックス材料中に溶解または分散した後、硫化水素ガスで処理して硫化カドミウムの微粒子を、または、熱処理することで金の微粒子を、それぞれマトリックス材料中に析出させる方法、化学的気相成長法、スパッタリング法などを好適に用いることができる。

【0027】なお、本発明で用いられる光応答性組成物は、その機能に支障をきたさない範囲において、加工性を向上させたり、光学素子としての安定性・耐久性を向上させるため、副成分として公知の酸化防止剤、紫外線吸収剤、一重項酸素クエンチャー、分散助剤などを含有しても良い。

【0028】〔光学素子〕本発明で用いられる光学素子の形態は、本発明の光制御装置の構成に応じて、薄膜、厚膜、板状、ブロック状、円柱状、半円柱状、四角柱状、三角柱状、凸レンズ状、凹レンズ状、マイクロレンズアレイ状、ファイバー状、マイクロチャンネルアレイ状、および光導波路型などの中から適宜選択することができる。本発明で用いられる光学素子の作成方法は、光学素子の形態および使用する光応答組成物の種類に応じて任意に選定され、公知の方法を用いることができる。

【0029】例えば、薄膜状の光学素子を例えば色素とマトリックス材料から製造する場合、色素およびマトリックス材料を溶解した溶液を例えばガラス板上に塗布法、ブレードコート法、ロールコート法、スピンコート法、ディッピング法、スプレー法などの塗工法で塗工するか、あるいは、平版、凸版、凹版、孔版、スクリーン、転写などの印刷法で印刷すれば良い。この場合、ゾルゲル法による無機系マトリックス材料作成方法を利用することもできる。

【0030】例えば、用いる有機高分子系マトリックス材料が熱可塑性の場合、ホットプレス法（特開平4-99609号公報）や延伸法を用いても薄膜ないし厚膜状の膜型光学素子を作成することができる。

【0031】板状、ブロック状、円柱状、半円柱状、四角柱状、三角柱状、凸レンズ状、凹レンズ状、マイクロレンズアレイ状の光学素子を作成する場合は、例えば有機高分子系マトリックス材料の原料モノマーに色素を溶解または分散させたものを用いてキャスト法やリアクション・インジェクション・モールド法で成型することができる。また、熱可塑性の有機高分子系マトリックス材料を用いる場合、色素を溶解または分散したペレットまたは粉末を加熱熔融させてから射出成形法で加工しても良い。

【0032】ファイバー状の光学素子は、例えば、金属イオンをドーブした石英ガラスを熔融延伸してファイバ

ー化する方法、ガラスキャピラリー管の中に有機高分子系マトリックス材料の原料モノマーに色素を溶解または分散させたものを流し込むか、または、毛管現象で吸い上げたものを重合させる方法、または、色素を溶解または分散させた熱可塑性の有機高分子系マトリックス材料の円柱、いわゆるプリフォームをガラス転移温度よりも高い温度まで加熱、糸状に延伸してから、冷却する方法などで作成することができる。

【0033】上記のようにして作成したファイバー状の光学素子を多数束ねて接着ないし融着処理してから薄片状ないし板状にスライスすることによりマイクロチャンネルアレイ型の光学素子を作成することもできる。

【0034】導波路型の光学素子は、例えば、基板上に作成した溝の中に有機高分子系マトリックス材料の原料モノマーに色素を溶解または分散させたものを流し込んでから重合させる方法、または、基板上に形成した薄膜状光学素子をエッチングして「コア」パターンを形成し、次いで、色素を含まないマトリックス材料で「クラッド」を形成する方法によって作成することができる。

【0035】本発明の光制御方法および光制御装置では、制御光および信号光をそれぞれ収束させ、かつ、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点近傍の光子密度が最も高い領域が光学素子中において互いに重なり合い、前記光学素子の光応答性組成物中の励起種（例えば色素分子、金属イオンなど）と前記制御光および前記信号光の光子の相互作用効率を著しく向上させることが可能となり、その結果、従来に比べ低い光パワーで十分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引出すことが可能になる。

【0036】同時に、前記光学素子を透過または反射した後、発散していく信号光の光線束のうち、前記強度変調および／または光束密度変調を強く受けた領域の光線束を分別して取り出すことにより、十分な大きさで強度変調および／または光束密度変調された信号光を再現性良く得ることが可能となる。

【0037】

【実施形態】以下、図面に基づき本発明の実施形態について説明する。

【0038】〔実施形態1〕図1には本実施形態の光制御装置の概略構成が示されている。このような光学装置構成および配置は、図1に例示するように膜型光学素子8を用いる場合の他、ファイバー型光学素子（図示せず）を用いる場合にも、光導波路型（図示せず）、マイクロチャンネルアレイ型（図示せず）などの光学素子を用いる場合にも好適に用いることができる。

【0039】ここで、膜型光学素子8は例えば以下の手順で作成することができる。すなわち、シアニン色素の3、3'-ジエチルオキサジカルボシアニンヨード（慣用名DODCI、エキシトン社製）：23.0mgおよびポリメタクリル酸2-ヒドロキシプロピル：19

77.0mgをアセトン：200mlに溶解し、*n*-ヘキサン：300ml中へかき混ぜながら加えて析出した沈殿（色素およびポリマーの混合物）を濾別し、*n*-ヘキサンで洗浄してから減圧下乾燥し、粉碎した。得られた色素およびポリマーの混合粉末を $10^{-5}$ Pa未満の超高真空下、100℃で2日間加熱を続け、残留溶媒等の揮発成分を完全に除去して、光応答性組成物の粉末を得た。この粉末20mgをスライドガラス（25mm×76mm×厚さ1.150mm）およびカバーガラス（18mm×18mm×厚さ0.150mm）の間に挟み、真空下150℃に加熱し、2枚のガラス板を圧着する方法（真空ホットプレス法）を用いてスライドガラス／カバーガラス間に色素／ポリマーの膜（膜厚50μm）を作成した。なお、色素／ポリマー膜中の色素濃度は、色素／ポリマー混合物の密度を1.06として計算すると、 $2.5 \times 10^{-2}$ mol/lである。

【0040】以上のようにして作成した膜型光学素子の透過率スペクトルを図2に示す。この膜の透過率は制御光の波長（633nm）で38.0%、信号光の波長（694nm）で90.5%であった。

【0041】図1に概要を例示する本発明の光制御装置は、制御光の光源1、信号光の光源2、NDフィルター3、シャッター4、半透過鏡5、光混合器6、集光レンズ7、膜型光学素子8、受光レンズ9、波長選択透過フィルター20、光検出器11および22、およびオシロスコープ100から構成される。これらの光学素子ないし光学部品のうち、制御光の光源1、信号光の光源2、光混合器6、集光レンズ7、膜型光学素子8、受光レンズ9、および、波長選択透過フィルター20は、図1の装置構成で本発明の光制御方法を実施するために必須の装置構成要素である。なお、NDフィルター3、シャッター4、および半透過鏡5は必要に応じて設けるものであり、また、光検出器11および22、およびオシロスコープ100は、本発明の光制御方法を実施するためには必要ないが光制御の動作を確認するための電子装置として、必要に応じて用いられる。

【0042】次に、個々の構成要素の特徴ならびに動作について説明する。

【0043】制御光の光源1にはレーザー装置が好適に用いられる。その発振波長および出力は、本発明の光制御方法が対象とする信号光の波長および使用する光応答性組成物の応答特性に応じて適宜選択される。レーザー発振の方式については特に制限はなく、発振波長帯域、出力、および経済性などに応じて任意の形式のものをを用いることができる。また、レーザー光源の光を非線形光学素子によって波長変換してから使用しても良い。具体的には例えば、アルゴンイオンレーザー（発振波長457.9ないし514.5nm）、ヘリウム・ネオンレーザー（633nm）などの気体レーザー、ルビーレーザーやNd：YAGレーザーなどの固体レーザー、色素レ

ーザー、半導体レーザーなどを好適に使用することができる。信号光の光源2にはレーザー光源からのコヒーレント光だけではなく非コヒーレント光を使用することもできる。また、レーザー装置、発光ダイオード、ネオン放電管など、単色光を与える光源の他、タングステン電球、メタルハライドランプ、キセノン放電管などからの連続スペクトル光を光フィルターやモノクロメーターで単色化して用いても良い。

【0044】本発明の光制御方法で利用される光応答性組成物、信号光の波長帯域、および制御光の波長帯域は、これらの組合わせとして、使用目的に応じて適切な組合わせが選定され、用いられる。以下、信号光の光源2として半導体レーザー（発振波長694nm、連続発振出力3mW、ビーム整形後の直径約8mmのガウスビーム）、制御光の光源1としてヘリウム・ネオンレーザー（発振波長633nm、ビーム直径2mmのガウスビーム）、および前記の光応答性組成物からなる膜型光学素子8の組合わせを用いた場合について実施形態を説明する。

【0045】NDフィルター3は必ずしも必要ではないが、装置を構成する光学部品や光学素子へ必要以上に高いパワーのレーザー光が入射することを避けるため、また、本発明で用いられる光学素子の光応答性能を試験するにあたり、制御光の光強度を増減するために有用である。この実施形態では後者の目的で数種類のNDフィルターを交換して使用した。

【0046】シャッター4は、制御光として連続発振レーザーを用いた場合に、これをパルス状に明滅させるために用いられるものであり、本発明の光制御方法を実施する上で必須の装置構成要素ではない。すなわち、制御光の光源1がパルス発振するレーザーであり、そのパルス幅および発振間隔を制御できる形式の光源である場合や、適当な手段で予めパルス変調されたレーザー光を光源1として用いる場合は、シャッター4を設けなくても良い。

【0047】シャッター4を使用する場合、その形式としては任意のものを使用することができ、例えば、オプティカルチョツパ、メカニカルシャッター、液晶シャッター、光カー効果シャッター、ポッケルセル、音響光学（AO）変調器などを、シャッター自体の作動速度を勘案して適時選択して使用することができる。

【0048】半透過鏡5は、この実施形態において、本発明の光制御方法の作用を試験するにあたり、制御光の光強度を常時見積もるために用いるものであり、光分割比は任意に設定可能である。

【0049】光検出器11および22は、本発明の光・光制御による光強度の変化の様子を電氣的に検出して検証するため、また、本発明の光学素子の機能を試験するために用いられる。光検出器11および22の形式は任意であり、検出器自体の応答速度を勘案して適時選択し

て使用することができ、例えば、光電子増倍管やフォトダイオード、フォトトランジスタなどを使用することができる。

【0050】前記光検出器 11 および 22 の受光信号はオシロスコープ 100 などの他、AD 変換器とコンピューターの組合わせ（図示せず）によってモニターすることができる。

【0051】光混合器 6 は、前記光学素子中を伝播して行く制御光および信号光の光路を調節するために用いるものであり、本発明の光制御方法および光制御装置を実施するに当たり重要な装置構成要素の一つである。偏光ビームスプリッター、非偏光ビームスプリッター、またはダイクロイックミラーのいずれも使用することができる、光分割比についても任意に設定可能である。

【0052】集光レンズ 7 は、信号光および制御光に共通の収束手段として、光路が同一になるように調節された信号光および制御光を収束させて前記光学素子へ照射するためのものであり、本発明の光制御方法および光制御装置の実施に必須な装置構成要素の一つである。集光レンズの焦点距離、開口数、F 値、レンズ構成、レンズ表面コートなどの仕様については任意のものを適宜使用することができる。

【0053】この実施形態では集光レンズ 7 として、倍率 40 倍、焦点距離 5 mm、開口数 0.65 の顕微鏡用対物レンズを用いた。

【0054】受光レンズ 9 は、収束されて光学素子 8 へ照射され、透過してきた信号光および制御光を平行および／または収束ビームに戻すための手段であるが、本実施形態に示すように、前記集光レンズ 7 の開口数より小さい開口数のレンズを用いることによって、充分な大きさで強度変調および／または光束密度変調された信号光を再現性良く得ることができる。本実施形態では受光レンズ 9 として、例えば、倍率 20 倍、開口数 0.4 の顕微鏡レンズを用いた。すなわち、集光レンズ 7 の開口数より受光レンズ 9 の開口数を小さくすることにより、信号光の光束のうち、強度変調および／または光束密度変調を強く受けた領域の光束を分別して取り出すことが可能となり、充分な大きさで変調を受けた信号光を再現性良く検出できるようになる。もちろん、レンズ開口数が大きくても、絞り 19 を入れたり、光検出器に光束の中心部分のみ入射させて実質的に開口数を小さくしても良いことは言うまでもない。また、後で述べるように、集光レンズおよび受光レンズの代りに凹面鏡を用いることも可能である（実施形態 4 参照）。

【0055】波長選択透過フィルター 20 は、図 1 の装置構成で本発明の光制御方法を実施するために必須の装置構成要素の一つであり、前記光学素子中の同一の光路を伝播してきた信号光と制御光とから信号光のみを取り出すための手段の一つとして用いられる。

【0056】波長の異なる信号光と制御光とを分離する

ための手段としては他に、プリズム、回折格子、ダイクロイックミラーなどを使用することができる。

【0057】図 1 の装置構成で用いられる波長選択透過フィルター 20 としては、制御光の波長帯域の光を完全に遮断し、一方、信号光の波長帯域の光を効率良く透過することのできるような波長選択透過フィルターであれば、公知の任意のものを使用することができる。例えば、色素で着色したプラスチックやガラス、表面に誘電体多層蒸着膜を設けたガラスなどを用いることができる。

【0058】以上のような構成要素から成る図 1 の光学装置において、光源 1 から出射された制御光の光ビームは、透過率を加減することによって透過光強度を調節するための ND フィルター 3 を通過し、次いで制御光をパルス状に明滅するためのシャッター 4 を通過して、半透過鏡 5 によって分割される。

【0059】半透過鏡 5 によって分割された制御光の一部は光検出器 11 によって受光される。ここで、光源 2 を消灯、光源 1 を点灯し、シャッター 4 を開放した状態において光学素子 8 への光ビーム照射位置における光強度と光検出器 11 の信号強度との関係をあらかじめ測定して検量線を作成しておけば、光検出器 11 の信号強度から、光学素子 8 に入射する制御光の光強度を常時見積もることが可能になる。この実施形態では、ND フィルター 3 によって、膜型光学素子 8 へ入射する制御光のパワーを 0.5 mW ないし 25 mW の範囲で調節した。

【0060】半透過鏡 5 で分割・反射された制御光は、光混合器 6 および集光レンズ 7 を通って、光学素子 8 に収束されて照射される。膜型光学素子 8 を通過した制御光の光ビームは、受光レンズ 9 を通過した後、波長選択透過フィルター 20 によって遮断される。

【0061】光源 2 から出射された信号光の光ビームは、前記光混合器 6 によって、制御光と同一光路を伝播するように混合され、集光レンズ 7 を経由して、膜型光学素子 8 に収束・照射され、素子を通過した光は受光レンズ 9 および波長選択透過フィルター 20 を透過した後、必要に応じて設けられる絞り 19 を通過した後、光検出器 22 にて受光される。

【0062】図 1 の光学装置を用いて光制御の実験を行い、図 3 および図 4 に示すような光強度変化を観測した。図 3 および図 4 において、111 は光検出器 11 の受光信号、222 および 223 は光検出器 22 の受光信号である。光検出器 22 の受光信号 222 の得られる場合と 223 の得られる場合の違いは、以下の通りである。

【0063】図 1 の装置配置においては膜型光学素子 8 に制御光と信号光とを収束して入射させているが、収束ビーム径が最少となる位置（焦点 Fc）を膜型光学素子 8 の集光レンズ 7 に近い所（光の入射側）に設定すると、前記光学素子を透過した前記信号光の強度が減少す

る方向の光応答222が観察される。一方、収束ビーム径が最少となる位置（焦点Fc）を膜型光学素子8の受光レンズ9に近い所（光の出射側）に設定すると、前記光学素子を透過した前記信号光のみかけの強度が増大する方向の光応答223が観察される。

【0064】このような光応答が生じる機構の詳細については未解明であり、現在、鋭意検討中であるが、制御光の照射により光応答性物質の透過率や屈折率等が変化することに起因するものと推測される。

【0065】図1の光学装置を用いて光制御の実験を行い、図3および図4に示すような光強度変化を観測したが、その詳細は以下に述べる通りである。

【0066】まず、制御光の光ビームと信号光の光ビームとが、膜型光学素子8内部または近傍の同一領域で焦点Fcを結ぶように、それぞれの光源からの光路、光混合器6、および集光レンズ7を調節した。なお、前記膜型光学素子8のカバーガラス側から信号光および制御光が入射し、スライドガラス基板側から出射するような向きに光学素子を配置した。次いで、波長選択フィルター20の機能を点検した。すなわち、光源2を消灯した状態で、光源1を点灯し、シャッター4を開閉した場合には光検出器22に応答が全く生じないことを確認した。

【0067】なお、収束ビーム径最少位置（焦点Fc）の膜型光学素子8上での移動は、膜型光学素子8を移動させて行った。すなわち、集光レンズ7および受光レンズ9の間隔（ $d_{78}+d_{89}$ ）を固定したまま、膜型光学素子8と集光レンズ7の距離を変化させ、同一の光路で収束された制御光および信号光の焦点位置と膜型光学素子8との位置関係を変化させて行った。

【0068】まず前記焦点Fcを膜型光学素子8の集光レンズ側に設置した場合について述べる。この場合の、制御光の波形111に対する信号光の応答波形222を図3に示す。

【0069】シャッター4を閉じた状態で制御光の光源1を点灯し、次いで、時刻 $t_1$ において光源2を点灯し光学素子8へ信号光を照射すると、光検出器22の信号強度はレベルCからレベルAへ増加した。

【0070】時刻 $t_2$ においてシャッター4を開放し、光学素子8内部の信号光が伝播しているのと同じ光路へ制御光を収束・照射すると光検出器22の信号強度はレベルAからレベルBへ減少した。この変化の応答時間は2マイクロ秒未満であった。

【0071】時刻 $t_3$ においてシャッター4を閉じ、光学素子への制御光照射を止めると光検出器22の信号強度はレベルBからレベルAへ復帰した。この変化の応答時間は3マイクロ秒未満であった。

【0072】時刻 $t_4$ においてシャッター4を開放し、ついで、時刻 $t_5$ において閉じると、光検出器22の信号強度はレベルAからレベルBへ減少し、次いでレベルAへ復帰した。

【0073】時刻 $t_6$ において光源2を消灯すると光検出器22の出力は低下し、レベルCへ戻った。

【0074】ついで、前記焦点Fcを膜型光学素子8の受光レンズ側に設置した場合について述べる。この場合の、制御光の波形111に対する信号光の応答波形223を図4に示す。

【0075】シャッター4を閉じた状態で制御光の光源1を点灯し、次いで、時刻 $t_1$ において光源2を点灯し光学素子8へ信号光を照射すると、光検出器22の信号強度はレベルCからレベルAへ増加した。

【0076】時刻 $t_2$ においてシャッター4を開放し、光学素子8内部の信号光が伝播しているのと同じ光路へ制御光を収束・照射すると光検出器22の信号強度はレベルAからレベルDへ増加した。この変化の応答時間は2マイクロ秒未満であった。

【0077】時刻 $t_3$ においてシャッター4を閉じ、光学素子への制御光照射を止めると光検出器22の信号強度はレベルDからレベルAへ復帰した。この変化の応答時間は3マイクロ秒未満であった。

【0078】時刻 $t_4$ においてシャッター4を開放し、ついで、時刻 $t_5$ において閉じると、光検出器22の信号強度はレベルAからレベルDへ増加し、次いでレベルAへ復帰した。

【0079】時刻 $t_6$ において光源2を消灯すると光検出器22の出力は低下し、レベルCへ戻った。

【0080】以上まとめると、膜型光学素子8へ、制御光を図3または図4の111に示すような波形で表される光強度の時間変化を与えて照射したところ、信号光の光強度をモニターして示す光検出器22の出力波形は図3の222または図4の223に示すように、制御光の光強度の時間変化に対応して可逆的に変化した。すなわち、制御光の光強度の増減または断続により信号光の透過を制御すること、すなわち光で光を制御すること（光・光制御）、または、光で光を変調すること（光・光変調）ができることが確認された。

【0081】なお、制御の光の断続に対応する信号光の光強度の変化の程度は、前記の光検出器22の出力レベルA、BおよびCを用いて次に定義される値 $\Delta T$  [単位%] または、A、CおよびDを用いて次に定義される値 $\Delta T'$  [単位%]

【数1】

$$\Delta T = 100 [(A-B)/(A-C)]$$

【数2】

$$\Delta T' = 100 [(D-A)/(A-C)]$$

によって定量的に比較することができる。ここで、Aは制御光を遮断した状態で信号光の光源2を点灯した場合の光検出器22の出力レベル、BおよびDは信号光と制御光を同時に照射した場合の光検出器22の出力レベル、Cは信号光の光源2を消灯した状態の光検出器22の出力レベルである。

【0082】上の例において、制御光の入射パワーを20mWとし、膜型光学素子8を移動して信号光の光応答の向きと大きさを調べたところ、信号光強度が減少する向きの応答の大きさ $\Delta T$ の最大値は80%、見かけの信号光強度が増加する向きの応答の大きさ $\Delta T'$ の最大値は40%であった。

【0083】上記のように収束ビーム径が最少となる位置（焦点Fc）と膜型光学素子8の位置関係を変えることによって、信号光の光応答の向きを逆転させ、信号光のみかけの強度が減少する方向、または、増加する方向の応答を得ることが出来る。

【0084】このような光応答変化の生じる機構を調べるため、光制御を行った場合に起こる信号光ビーム断面における光強度分布の変化の測定を行った。すなわち、図1の装置において、受光レンズ9を集光レンズ7の開口数（本実施形態の場合は0.65）よりも大きな開口数（例えば0.75）のものに変更し、光検出器22の代わりに光強度分布測定器を設置し、膜型光学素子8を透過した光線束の全てを受光レンズ9で受光・収束させて前記光強度分布測定器の受光部31（有効直径4mm）へ入射させ、信号光光線束断面の光強度分布を測定した。測定結果を図8、9、10に示す。ここで、光強度分布測定器は、図5に示すように、受光部31（有効直径4mm）に対して幅1mmの第一のスリット32を設け、第一のスリットの長さ方向、すなわち図5において点Xから点Yの向きに、幅25 $\mu$ mの第二のスリット33を一定速度で移動させて、2枚のスリットが作る1mm $\times$ 25 $\mu$ mの長方形の窓を通過した光の強度を、前記窓の移動位置に対応させて測定する装置である。前記窓の移動位置に対応させて光強度を測定するには、例えば、第二のスリット33の移動速度に同期させたストレーオシロスコープ上に、前記窓を通過した光を受光した検出器の出力を記録すれば良い。図8～10は、以上のようにして、ストレーオシロスコープ上に記録された信号光の光ビーム断面についての光強度分布を示すものであり、横軸（光ビーム断面内の位置）は図5の点Xから点Yの方向の位置に対応し、縦軸は光強度を表す。

【0085】図8は、膜型光学素子8に制御光が入射せず、信号光のみが入射した場合の前記信号光ビーム断面の光強度分布である。この場合の光強度分布は、中心部分の強度が強く、周辺に行くに従い強度が弱まる分布（おおむね「ガウス分布」）である。

【0086】図9は、収束ビーム径が最少となる位置（焦点Fc）を膜型光学素子8の集光レンズ7に近い所（光の入射側）に設定し、制御光を照射したとき見かけの信号光強度が減少する向きの光応答222が観察される条件において、制御光を照射したときの信号光ビーム断面の光強度分布である。この場合の光強度分布は、中心部分の光強度が弱く、周辺で光強度が増大する分布になっている。別の見方をすると、制御光を照射しない場

合の、図8のような光強度分布の光線束から、ビーム中心付近の光線束を取り除いたものに相当することが判る。信号光ビーム断面の中心部の光強度は、制御光強度および膜型光学素子8と焦点の位置関係に依存して減少し、制御光強度が増すに従い、ゼロに近づいていく。従って、この場合、信号光ビームの中心部分だけを取り出して、見かけの信号光強度を測定すると、制御光の断続に対応して、信号光の強度が減少する向きの光応答222を、十分な大きさと取り出すことが出来る。

【0087】図10は、収束ビーム径が最少となる位置（焦点Fc）を膜型光学素子8の受光レンズ9に近い所（光の出射側）に設定し、制御光を照射したとき見かけの信号光強度が増大する向きの光応答223が観察される条件において、制御光を照射したときの信号光ビーム断面の光強度分布である。この場合は、中心部分の光強度が、制御光を照射しない場合の中心部分の光強度（図8）より強くなっている。この場合、信号光ビーム断面の中心部の光強度は、制御光強度および膜型光学素子8を焦点位置の関係に依存するが、制御光非照射時の数倍にも達する。従って、この場合、信号光ビームの中心部分だけを取り出して、見かけの信号光強度を測定すると、制御光の断続に対応して、信号光の強度が増大する向きの光応答223を十分な大きさと取り出すことが出来る。

【0088】以上の実験から、制御光の断続による信号光の光強度変調（光応答）は、信号光ビーム（光束）断面の中心部で、特に大きく起きていることが判る。従って、本発明の主旨とは逆に、受光レンズ9の開口数を集光レンズ7の開口数よりも大きくして、光学素子8を透過した信号光を全て補足し、光検出器で受光した場合、検出される光応答は、本発明の場合に比べて著しく小さくなってしまふ。また、光検出器に、制御光による光変調を受けた部分以外のノイズ成分が取り込まれてしまふ、S/N比が著しく悪くなってしまふ。

【0089】なお、図11、12、13は、集光レンズ7の開口数を0.65、受光レンズ9の開口数を0.4にした場合の信号光ビーム断面の光強度分布である。図11は信号光のみが膜型光学素子8に入射した場合、図12は収束ビーム径が最少となる位置（焦点Fc）を膜型光学素子8の集光レンズ7に近い所（光の入射側）に設定した場合、図13は収束ビーム径が最少となる位置（焦点Fc）を膜型光学素子8の受光レンズ9に近い所（光の出射側）に設定した場合の前記信号光のそれぞれの光強度分布である。

【0090】〔実施形態2〕本発明の光制御光法および光制御装置において光応答を大きくするためには前記制御光および前記信号光を各々収束させて前記光学素子へ照射し、かつ、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が前記光学素子中において互いに重なり合うように前記制御光および前

記信号光の光路をそれぞれ配置すれば良いが、そのためには信号光および制御光を実質的に同一光路で伝播させることが好ましい。なお、前記制御光および前記信号光の電場の振幅分布がガウス分布となっているガウスビームの場合、集光レンズ7などで、開き角 $2\theta$ で収束させたときの焦点Fc近傍における光線束および波面30の様子を図6に示す。ここで、波長 $\lambda$ のガウスビームの直径 $2\omega_0$ が最小になる位置、すなわちビームウエストの半径 $\omega_0$ は次の式で表される。

【0091】

【数3】  $\omega_0 = \lambda / (\pi \cdot \theta)$

例えば、実施形態1で用いた集光レンズ（焦点距離5mm、開口数0.65）で波長633nm、ビーム直径1mmの制御光を収束したときのビームウエストの半径は $2.02\mu\text{m}$ 、同様にして波長694nm、ビーム直径8mmの信号光を収束したときのビームウエストの半径は $0.327\mu\text{m}$ （ほぼ回折限界）と計算される。

【0092】図7に示すように、信号光および制御光が「実質的に同一光路」と看做することができるのは次のような場合である：

- 1) 制御光と信号光の光軸が互いに平行であって、制御光の光路、例えば断面L02（半径 $r_2$ ）の中に信号光の光路、例えば断面L+1、L01、またはL-1（半径 $r_1$ ； $r_1 \leq r_2$ ）が重なって伝搬する場合、
- 2) 制御光と信号光の光軸が互いに平行であって、信号光の光路、例えば断面L02（半径 $r_2$ ）の中に制御光の光路、例えば断面L+1、L01、またはL-1（半径 $r_1$ ； $r_1 \leq r_2$ ）が重なって伝搬する場合、
- 3) 制御光と信号光の光軸が互いに平行（光軸間の距離 $l+1$ 、 $l-1$ 、または $l+1+l-1$ ）であって、制御光の光路が断面L+1、L01、またはL-1のいずれか、信号光の光路も断面L+1、L01、またはL-1のいずれかである場合。

【0093】表1のデータは、一例として、実施形態1の装置において、集光レンズ7として、開口数0.65の顕微鏡用対物レンズを用い、受光レンズ9として、開口数0.4の顕微鏡用レンズを用い、収束ビーム径が最少となる位置（焦点）を膜型光学素子8の集光レンズ7に近い所（光の入射側）に設定し、前記光学素子を透過した前記信号光が減少する方向の光応答222が観察される条件下、信号光の光路を断面L02（直径8mm）に固定し、断面L+1、L01、またはL-1（直径1mm）の制御光の光路（光軸）を光軸間の距離 $l+1$ または $l-1$ として0.9ないし1.2mm平行移動した場合の、信号光・光応答の大きさ $\Delta T$ の変化を示したものである。信号光および制御光の光軸が完全に一致している場合の光応答が最大であるが、光軸間の距離 $l+1$ または $l-1$ が $\pm 0.6\text{mm}$ 程度ずれても、光応答の大きさ $\Delta T$ は7ポイントほど変化するにすぎない。

【0094】すなわち、収束された信号光および制御光

のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域（ビームウエスト）が前記光学素子中において互いに重なり合うように前記制御光および前記信号光の光路がそれぞれ配置され、これらの領域の重なり合いが最大になったとき、すなわち、前記制御光および前記信号光の光軸が完全に一致したとき前記光応答は最大になること、前記制御光および前記信号光の光路が実質的に同一のとき、充分大きな光応答が得られることが判った。

【0095】

【表1】

制御光（633nm）の 平行移動距離 $l/\text{mm}$	信号光（694nm）の 光応答 $\Delta T/\%$
-0.9	68
-0.6	82
-0.3	84
0.0	88
+0.3	84
+0.6	81
+0.9	67
+1.2	32

【実施形態3】シアニン色素としてDODCIの代わりに、1、1'-ジエチル-2、2'-カルボシアニンヨージド（アルドリッチ社製）を用いた他は実施形態1に記載の方法と同様の手順によって、膜型光学素子8を作成した。この膜の透過率は制御光の波長（633nm）で0.18%、信号光の波長（694nm）で88.5%であった。

【0096】この膜型光学素子を実施形態1の場合と同様な光制御装置（図1）に取り付け、制御光および信号光の収束ビーム径が最少となる位置（焦点Fc）と膜型光学素子8の位置関係を変えながら、制御光の断続に対応した、信号光の光応答の向きおよび大きさを調べた。ただし、集光レンズ7として倍率20倍、開口数0.4の顕微鏡用レンズを、受光レンズ9として倍率10倍、開口数0.3の顕微鏡用対物レンズを用い、集光レンズ7および受光レンズ9の間隔（ $d_{78}+d_{89}$ ）を固定したまま、膜型光学素子8と集光レンズ7の距離を変化させ、同一の光路で収束された制御光および信号光の焦点位置と膜型光学素子8との位置関係を変化させて行っ



た。

【0097】制御光の入射パワー13mWのとき、信号光強度が減少する向きの応答の大きさ $\Delta T$ の最大値は91%、見かけの信号光強度が増加する向きの応答の大きさ $\Delta T'$ の最大値は48%であった。

【0098】〔実施形態4〕図14には本実施形態の光制御装置の概略構成が示されている。このような光学装置構成および配置は、図14に例示するような膜型光学素子8の他に、ファイバー型、光導波路型、マイクロチャンネルアレイ型などの光学素子を用いる場合にも好適に用いることができる。

【0099】光源1および2、NDフィルター3、シャッター4、光検出器11および22、膜型光学素子8、波長選択フィルター20、およびオシロスコープ100については実施形態1（図1）と同様のものを同様にして用いた。

【0100】図14に示すような配置でダイクロイックミラー21を用いることで、制御光を分割して、その光強度を光検出器11でモニターすると同時に、制御光と信号光の光路を重ね合わせることができ、図1の配置で必要な光混合器6を省略することができる。ただし、図7の配置においては、ダイクロイックミラー21の波長選択透過および反射を補完するために、信号光を完全に遮断し制御光だけを透過させるような波長選択透過フィルター10を光検出器11の前に設けることが好ましい。また、信号光および／または制御光が光源1および2へ戻り、光源装置に悪影響を与えるのを避けるため、必要に応じて、光アイソレータ13および14を、それぞれ光源1および2の前に設けても良い。

【0101】光路を一致させた信号光および制御光と一緒に収束させて膜型光学素子8へ照射する際の光収束手段として、集光レンズ7および受光レンズ9の代りに、図14のような配置において凹面鏡15および16を用いることができる。信号光と制御光に共通の収束手段としてレンズを用いる場合、厳密には波長によって焦点距離が異なるという問題が生じるが、凹面鏡ではその心配がない。

【0102】図14に例示するような、本発明の光制御装置において前記光学素子を透過または反射した後、発散していく信号光光線束のうち、前記強度変調および／または光束密度変調を強く受けた領域の信号光光線束を分別して取り出すには、次のような方法を採用することが出来る。

【0103】（1）光検出器22の手前に絞り19を設ける方法。

【0104】（2）照射側の凹面鏡15の開口角よりも受光側の凹面鏡16の開口角を小さくする方法。

【0105】（3）照射側の凹面鏡15の開口角よりも受光側の凹面鏡16の開口角を小さくし、更に、光検出器22の手前に絞り19を設ける方法。

【0106】図14に例示するような、本発明の光制御装置において必須の装置構成要素は光源1および2、ダイクロイックミラー21、波長選択透過フィルター20、凹面鏡15、16、および膜型光学素子8である。なお、図14におけるダイクロイックミラー21の代りに偏光または非偏光のビームスプリッターを用いることもできる。

【0107】本発明の光制御方法を図14に示すような装置で行う場合の手順として、まず、制御光（光源1）と信号光（光源2）の光路が一致し、共通の焦点Fc（ビームウエスト）位置に光学素子8が配置されるよう調節を行い、次いで、ダイクロイックミラー21ならびに波長選択透過フィルター10および20の機能を点検するため、光源1と2を交互に点灯し、光源1のみ点灯（シャッター4開放）したとき光検出器22に应答がないこと、および光源2のみを点灯したとき光検出器11に应答がないことを確認した。

【0108】以下、実施形態1の場合と同様にして、前記膜型光学素子8を用いた光・光制御方法を実施し、実施形態1の場合と同等の実験結果を得た。

【0109】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の光制御方法および光制御装置によれば、例えば、可視領域にあるレーザー光を制御光として、近赤外線領域にある信号光を効率良く変調することが、極めて単純な光学装置によって、電子回路などを一切用いることなく、実用上十分な応答速度において実現可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明を実施する際に用いられる装置構成を例示した実施形態1の構成図である。

【図2】 実施形態1の膜型光学素子の透過率スペクトルである。

【図3】 制御光および信号光の光強度時間変化を例示した図である。

【図4】 制御光および信号光の光強度時間変化を例示した図である。

【図5】 光強度分布測定に用いたスリットと光ビームとの関係を示す図である。

【図6】 集光レンズなどで収束されたガウスビームの焦点近傍における様子を表した模式図である。

【図7】 制御光および信号光の光路（および光軸）の関係を示した図である。

【図8】 信号光のビーム断面の光強度分布を表した図である。

【図9】 信号光のビーム断面の光強度分布を表した図である。

【図10】 信号光のビーム断面の光強度分布を表した図である。

【図11】 信号光のビーム断面の光強度分布を表した図である。

【図 12】 信号光のビーム断面の光強度分布を表した図である。

【図 13】 信号光のビーム断面の光強度分布を表した図である。

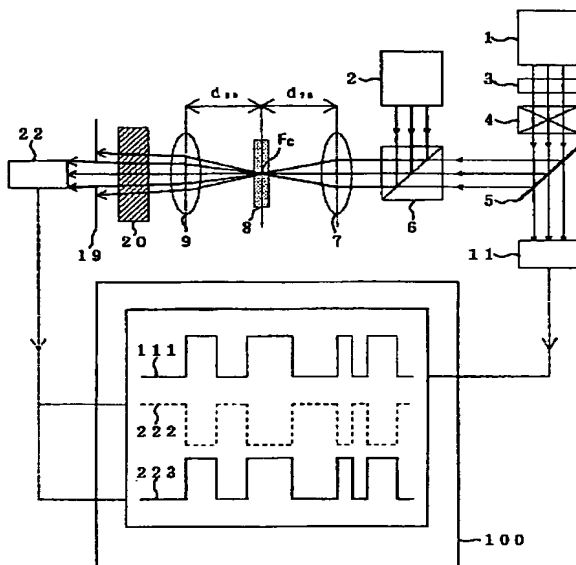
【図 14】 本発明を実施する際に用いられる実施形態 4 の装置構成を例示した構成図である。

【符号の説明】

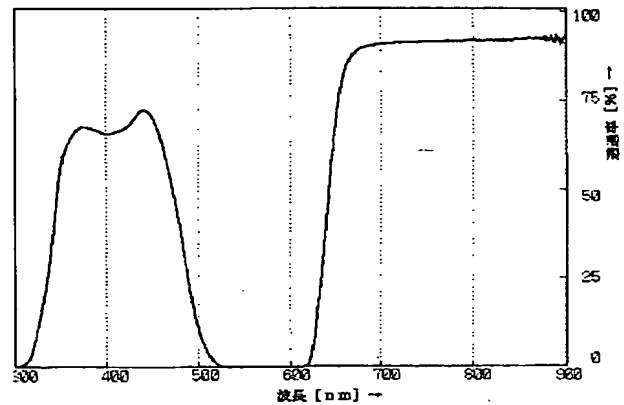
1 制御光の光源、2 信号光の光源、3 ND フィルター、4 シャッター、5 半透過鏡、6 光混合器、7 集光レンズ、8 膜型光学素子、9 受光レンズ、10 波長選択透過フィルター（信号光遮断用）、11 光検出器、13 光アイソレーター（制御光用）、14 光アイソレーター（信号光用）、15 凹面鏡、16 凹面鏡、19 絞り、20 波長選択透過フィルター（制御光遮断用）、21 ダイクロイックミラー、22 光検出器（信号光の光強度検出用）、30 波面、31 光強度分布測定器の受光部（有効直径 4mm）、32 第一のスリット（幅 1mm）、33 第二のスリット（幅  $25\mu\text{m}$ ）、100 オシロスコープ、111 光検出器 11 からの信号（制御光の光強度時間変化曲線）、222 および 223 光検出器 22 からの信号（信号光の光強度時間変化曲線）、A 制御光を遮断した状態で信号光の光源を点灯した場合の光検出器 22 の

出力レベル、B 焦点  $F_c$  が膜型光学素子 8 の集光レンズ側に設定された場合で、かつ信号光の光源を点灯した状態で制御光を照射した場合の光検出器 22 の出力レベル、C 信号光を消灯した状態の光検出器 22 の出力レベル、D 焦点  $F_c$  が膜型光学素子 8 の受光レンズ側に設定された場合で、かつ信号光の光源を点灯した状態で制御光を照射した場合の光検出器 22 の出力レベル、 $d_{78}$  集光レンズ 7 と膜型光学素子 8 の距離、 $d_{89}$  膜型光学素子 8 と受光レンズ 9 の距離、 $F_c$  焦点、 $L_{01}$ 、 $L_{+1}$ 、 $L_{-1}$  および  $L_{02}$  信号光または制御光の光ビーム断面、 $l_{+1}$  および  $l_{-1}$  信号光または制御光の光軸の平行移動距離、 $r_1$  信号光または制御光の光ビーム断面  $L_{01}$ 、 $L_{+1}$  または  $L_{-1}$  の半径、 $r_2$  信号光または制御光の光ビーム断面  $L_{02}$  の半径、 $t_1$  信号光の光源を点灯した時刻、 $t_2$  制御光を遮断していたシャッターを開放した時刻、 $t_3$  制御光をシャッターで再び遮断した時刻、 $t_4$  制御光を遮断したシャッターを開放した時刻、 $t_5$  制御光をシャッターで再び遮断した時刻、 $t_6$  信号光の光源を消灯した時刻、 $\theta$  集光レンズで収束させた光ビームの外周部が光軸となす角度、 $\omega_0$  集光レンズで収束させたガウスビームのビームウエスト（焦点位置におけるビーム半径）。

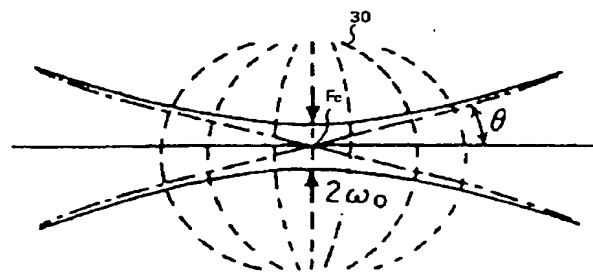
【図 1】



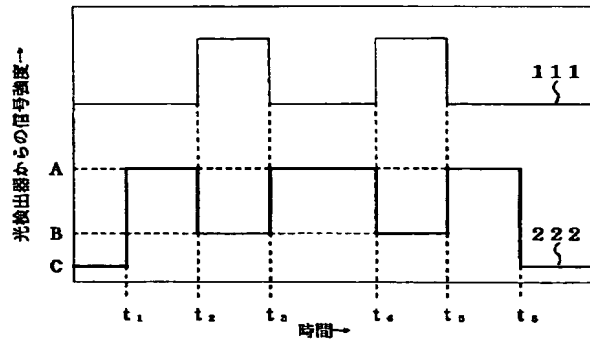
【図 2】



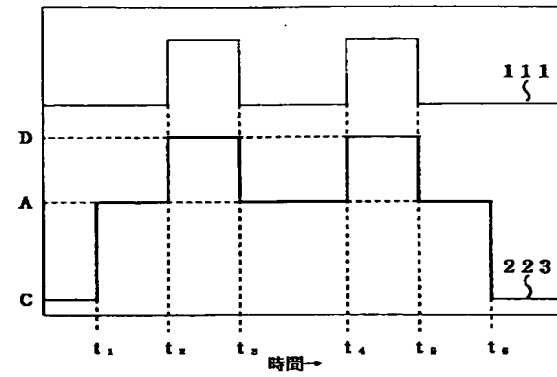
【図 6】



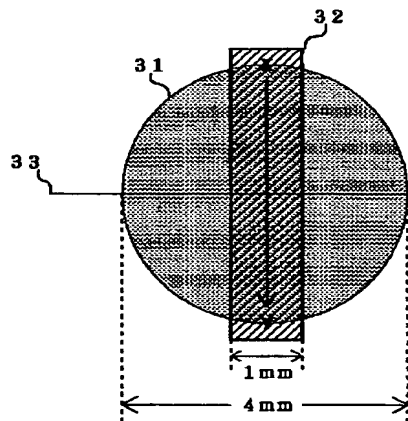
【図3】



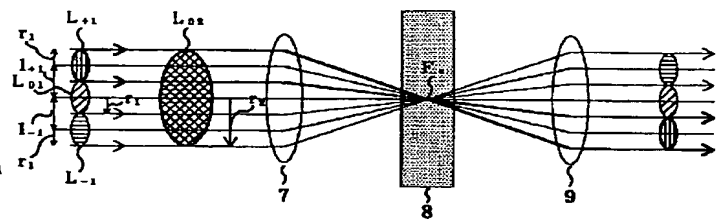
【図4】



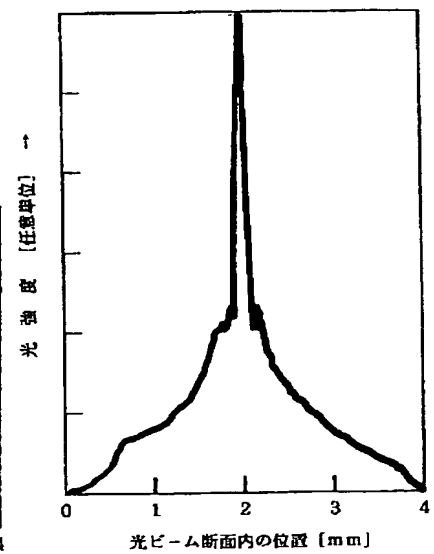
【図5】



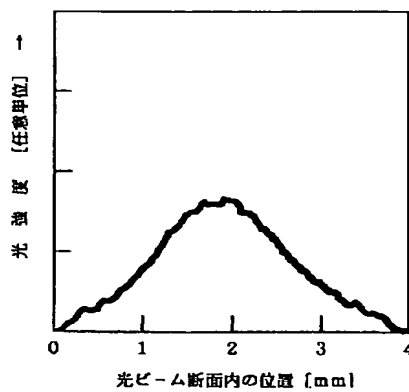
【図7】



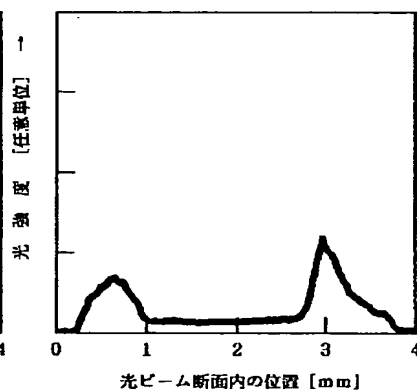
【図10】



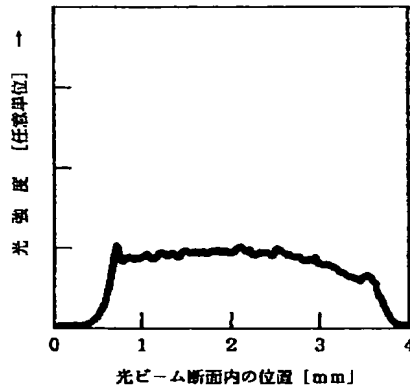
【図8】



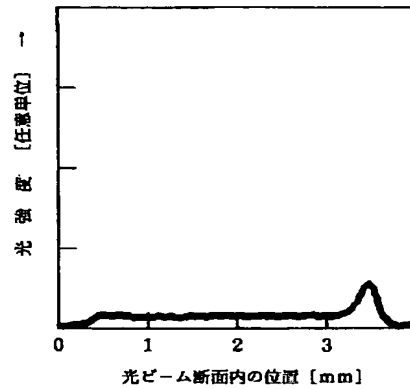
【図9】



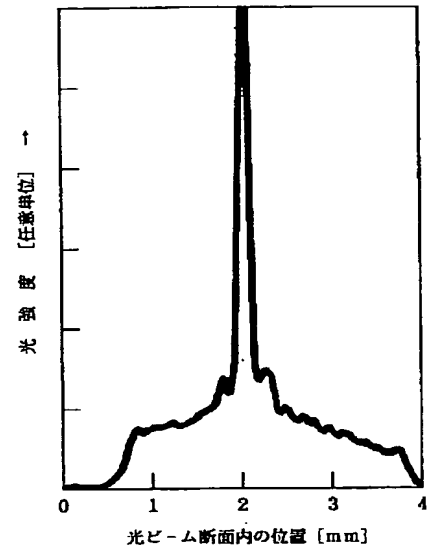
【図11】



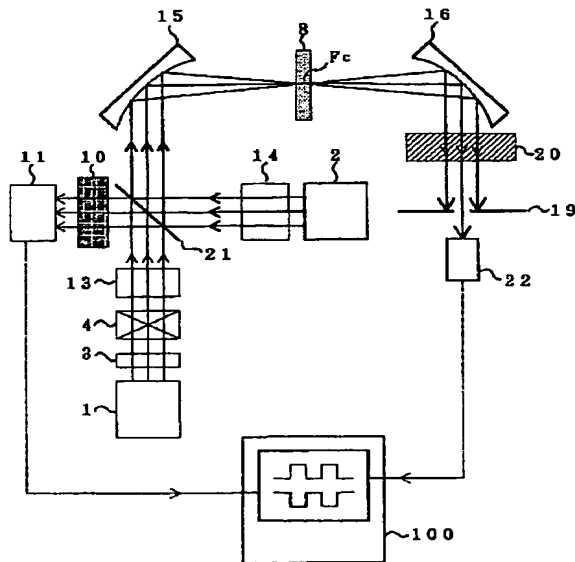
【図12】



【図13】



【図14】



## 【手続補正書】

【提出日】平成8年9月11日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項3

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項3】 請求項1または2記載の光制御方法において、  
前記光学素子を透過または反射した後、発散していく信号光光線束を、前記信号光光線束の発散角度よりも小さい角度範囲（開口角）で取り出すことによって、前記強度変調および／または光束密度変調を強く受けた

領域の信号光光線束を分別して取り出すことを特徴とする光制御方法。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0086

【補正方法】変更

【補正内容】

【0086】図9は、収束光束径が最少となる位置（焦点Fc）を膜型光学素子8の集光レンズ7に近い所（光の入射側）に設定し、制御光を照射したとき見かけの信号光強度が減少する向きの光応答222が観察される条件において、制御光を照射したときの信号光光束

断面の光強度分布である。この場合の光強度分布は、中心部分の光強度が弱く、周辺で光強度が増大する分布になっている。信号光ビーム断面の中心部の光強度は、制御光強度および膜型光学素子 8 と焦点の位置関係に依存して減少し、制御光強度が増すに従い、ゼロに近づいて

いく。従って、この場合、信号光ビームの中心部分だけを取り出して、見かけの信号光強度を測定すると、制御光の断続に対応して、信号光の強度が減少する向きの光応答 222 を、十分な大きさで取り出すことが出来る。

#### 【手続補正書】

【提出日】平成 8 年 9 月 12 日

#### 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

#### 【補正内容】

【0008】本出願人は、上記従来技術の有する課題を解消し、できる限り低い光パワーで十分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引き出すような光制御方法および光制御装置に関する特許（特願平 7-25618 号）および光応答性材料に関する特許（特願平 7-58413 号、7-58414 号）を出願した。

#### 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

#### 【補正内容】

【0025】これらのマトリックス材料中へ色素を溶解または分散させるには公知の方法を用いることができる。例えば、色素とマトリックス材料を共通の溶媒中へ溶解して混合した後、溶媒を蒸発させて除去する方法、ソルゲル法で製造する無機系マトリックス材料の原料溶液へ色素を溶解または分散させてからマトリックス材料を形成する方法、有機高分子系マトリックス材料のモノマー中へ、必要に応じて溶媒を用いて、色素を溶解または分散させてから該モノマーを重合ないし重縮合させてマトリックス材料を形成する方法、色素と有機高分子系マトリックス材料を共通の溶媒中に溶解した溶液を、色素および熱可塑性の有機高分子系マトリックス材料の両方が不溶の溶剤中へ滴下し、生じた沈殿を濾別し乾燥してから加熱・熔融加工する方法などを好適に用いることができる。色素とマトリックス材料の組合せおよび加工方法を工夫することで、色素分子を凝集させ、「H 会合体」や「J 会合体」などと呼ばれる特殊な会合体を形成させることができることが知られているが、マトリックス材料中の色素分子をこのような凝集状態もしくは会合状態を形成する条件で使用しても良い。

#### 【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

#### 【補正内容】

【0026】また、これらのマトリックス材料中へ前記の種々の微粒子を分散させるには公知の方法を用いることができる。例えば、前記微粒子をマトリックス材料の溶液、または、マトリックス材料の前駆体の溶液に分散した後、溶媒を除去する方法、有機高分子系マトリックス材料のモノマー中へ、必要に応じて溶媒を用いて、前記微粒子を分散させてから該モノマーを重合ないし重縮合させてマトリックス材料を形成する方法、微粒子の前駆体として、例えば過塩素酸カドミウムや塩化金などの金属塩を有機高分子系マトリックス材料中に溶解または分散した後、硫化水素ガスで処理して硫化カドミウムの微粒子を、または、熱処理することで金の微粒子を、それぞれマトリックス材料中に析出させる方法、化学的気相成長法、スパッタリング法などを好適に用いることができる。

#### 【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

#### 【補正内容】

【0035】本発明の光制御方法および光制御装置では、制御光および信号光をそれぞれ収束させ、かつ、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点近傍の光子密度が最も高い領域が光学素子中において互いに重なり合い、前記光学素子の光応答性組成物中の励起種（例えば色素分子、金属イオンなど）と前記制御光および前記信号光の光子の相互作用効率を著しく向上させることが可能となり、その結果、従来に比べ低い光パワーで十分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引き出すことが可能になる。

#### 【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0063

【補正方法】変更

#### 【補正内容】

【0063】図 1 の装置配置においては膜型光学素子 8 に制御光と信号光とを収束して入射させているが、収束ビーム径が最小となる位置（焦点 Fc）を膜型光学素子 8 の集光レンズ 7 に近い所（光の入射側）に設定すると、前記光学素子を透過した前記信号光の強度が減少する方向の光応答 222 が観察される。一方、収束ビーム径が最小となる位置（焦点 Fc）を膜型光学素子 8 の受

光レンズ9に近い所（光の出射側）に設定すると、前記光学素子を透過した前記信号光の見かけの強度が増大する方向の光応答223が観察される。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0067

【補正方法】変更

【補正内容】

【0067】なお、収束ビーム径最小位置（焦点Fc）の膜型光学素子8上での移動は、膜型光学素子8を移動させて行った。すなわち、集光レンズ7および受光レンズ9の間隔（ $d_{78} + d_{89}$ ）を固定したまま、膜型光学素子8と集光レンズ7の距離を変化させ、同一の光路で収束された制御光および信号光の焦点位置と膜型光学素子8との位置関係を変化させて行った。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0083

【補正方法】変更

【補正内容】

【0083】上記のように収束ビーム径が最小となる位置（焦点Fc）と膜型光学素子8の位置関係を変えることによって、信号光の光応答の向きを逆転させ、信号光の見かけの強度が減少する方向、または、増加する方向の応答を得ることが出来る。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0086

【補正方法】変更

【補正内容】

【0086】図9は、収束ビーム径が最小となる位置（焦点Fc）を膜型光学素子8の集光レンズ7に近い所（光の入射側）に設定し、制御光を照射したとき見かけの信号光強度が減少する向きの光応答222が観察される条件において、制御光を照射したときの信号光ビーム断面の光強度分布である。この場合の光強度分布は、中心部分の光強度が弱く、周辺で光強度が増大する分布になっている。信号光ビーム断面の中心部の光強度は、制御光強度および膜型光学素子8と焦点の位置関係に依存して減少し、制御光強度が増すに従い、ゼロに近づいていく。従って、この場合、信号光ビームの中心部分だけを取り出して、見かけの信号光強度を測定すると、制御光の断続に対応して、信号光の強度が減少する向きの光応答222を、十分な大きさと取り出すことが出来る。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0087

【補正方法】変更

【補正内容】

【0087】図10は、収束ビーム径が最小となる位置

（焦点Fc）を膜型光学素子8の受光レンズ9に近い所（光の出射側）に設定し、制御光を照射したとき見かけの信号光強度が増大する向きの光応答223が観察される条件において、制御光を照射したときの信号光ビーム断面の光強度分布である。この場合は、中心部分の光強度が、制御光を照射しない場合の中心部分の光強度（図8）より強くなっている。この場合、信号光ビーム断面の中心部の光強度は、制御光強度および膜型光学素子8を焦点位置の関係に依存するが、制御光非照射時の数倍にも達する。従って、この場合、信号光ビームの中心部分だけを取り出して、見かけの信号光強度を測定すると、制御光の断続に対応して、信号光の強度が増大する向きの光応答223を十分な大きさと取り出すことが出来る。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0089

【補正方法】変更

【補正内容】

【0089】なお、図11、12、13は、集光レンズ7の開口数を0.65、受光レンズ9の開口数を0.4にした場合の信号光ビーム断面の光強度分布である。図11は信号光のみが膜型光学素子8に入射した場合、図12は収束ビーム径が最小となる位置（焦点Fc）を膜型光学素子8の集光レンズ7に近い所（光の入射側）に設定した場合、図13は収束ビーム径が最小となる位置（焦点Fc）を膜型光学素子8の受光レンズ9に近い所（光の出射側）に設定した場合の前記信号光のそれぞれの光強度分布である。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0093

【補正方法】変更

【補正内容】

【0093】表1のデータは、一例として、実施形態1の装置において、集光レンズ7として、開口数0.65の顕微鏡用対物レンズを用い、受光レンズ9として、開口数0.4の顕微鏡用レンズを用い、収束ビーム径が最小となる位置（焦点）を膜型光学素子8の集光レンズ7に近い所（光の入射側）に設定し、前記光学素子を透過した前記信号光が減少する方向の光応答222が観察される条件下、信号光の光路を断面L02（直径8mm）に固定し、断面L+1、L01、またはL-1（直径1mm）の制御光の光路（光軸）を光軸間の距離 $l_{+1}$ または $l_{-1}$ として0.9乃至1.2mm平行移動した場合の、信号光・光応答の大きさ $\Delta T$ の変化を示したものである。信号光および制御光の光軸が完全に一致している場合の光応答が最大であるが、光軸間の距離 $l_{+1}$ または $l_{-1}$ が±0.6mm程度ずれても、光応答の大きさ $\Delta T$ は7ポイントほど変化するにすぎない。

## 【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0094

【補正方法】変更

【補正内容】

【0094】すなわち、収束された信号光および制御光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域（ビームウエスト）が前記光学素子中において互いに重なり合うように前記制御光および前記信号光の光路がそれぞれ配置され、これらの領域の重なり合いが最大になったとき、すなわち、前記制御光および前記信号光の光軸が完全に一致したとき前記光応答は最大になること、前記制御光および前記信号光の光路が実質的に同一のとき、充分大きな光応答が得られることが判った。

## 【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0096

【補正方法】変更

【補正内容】

【0096】この膜型光学素子を実施形態 1 の場合と同様な光制御装置（図 1）に取り付け、制御光および信号光の収束ビーム径が最小となる位置（焦点  $F_c$ ）と膜型光学素子 8 の位置関係を変えながら、制御光の断続に対応した、信号光の光応答の向きおよび大きさを調べた。ただし、集光レンズ 7 として倍率 20 倍、開口数 0.4 の顕微鏡用レンズを、受光レンズ 9 として倍率 10 倍、開口数 0.3 の顕微鏡用対物レンズを用い、集光レンズ 7 および受光レンズ 9 の間隔（ $d_{78} + d_{89}$ ）を固定したまま、膜型光学素子 8 と集光レンズ 7 の距離を変化させ、同一の光路で収束された制御光および信号光の焦点位置と膜型光学素子 8 との位置関係を変化させて行った。

---

フロントページの続き

(72) 発明者 田中 教雄  
東京都足立区堀之内 1 丁目 9 番 4 号 大日  
精化工業株式会社東京製造事業所内

(72) 発明者 宝田 茂  
東京都足立区堀之内 1 丁目 9 番 4 号 大日  
精化工業株式会社東京製造事業所内